1890

Lane Medical Library

Experimentelle Prüfung

der

psychophysischen Methoden im Bereiche des Raumsinnes der Netzhaut.

Von

C. Higier.

DORPAT.
Schnakenburg's Buchdruckerei.
1890.

Lane Medical Library

Experimentelle Prüfung

der

psychophysischen Methoden im Bereiche des Raumsinnes der Netzhaut.

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung des Grades

eines

Doctors der Medicin

verfasst und mit Bewilligung

Einer Hochverordneten Medicinischen Facultät der Kaiserlichen Universität

zu Dorpat

zur öffentlichen Vertheidigung bestimmt

von

C. Higier.

Ordentliche Opponenten:

Prof. Dr. **K. Dehio.** — Prof. Dr. **R. Kobert.** — Prof. Dr. **E. Kraepelin.**

Dorpat.

Schnakenburg's Buchdruckerei.

1890.

Gedruckt mit Genehmigung der Medicinischen Facultät.
Referent: Professor Dr. E. Kraepelin.
Dorpat, den 6. October 1890.
No. 446. Decan: **Dragendorff.**

MEINEM VATER

IN LIEBE UND DANKBARKEIT

GEWIDMET.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA40154018_0040

Beim Scheiden von der hiesigen Hochschule sei es mir gestattet, allen meinen akademischen Lehrern für die mir zu Theil gewordene vielfache Belehrung und wissenschaftliche Ausbildung meinen wärmsten Dank auszusprechen.

Insbesondere gilt er Herrn Prof. Kraepelin, dem ich das Thema und vielfachen Rath bei Bearbeitung desselben, wie auch das Interesse für das dem Mediciner im Allgemeinen etwas fern liegende Gebiet der experimentellen Psychologie verdanke.

Einen grossen Theil der Untersuchungen, über welche die vorliegende Schrift berichtet, unternahm ich im Jahre 1889, als ich die von der medicinischen Facultät hiesiger Universität aufgestellte Preisaufgabe: „Ueber die Unterschiedsempfindlichkeit der Netzhaut für extensive Grössen mit und ohne Betheiligung der Augenmuskelbewegungen“ bearbeitete.

Im Laufe der Zeit hatte ich die Gelegenheit einerseits meine früheren Angaben theilweise zu prüfen, andererseits den schon bekannten manche neue Untersuchung anzureihen.

Vorliegende Arbeit enthält die der medicinischen Facultät eingereichte und von dieser gekrönte Preisschrift mit den Zusätzen und Veränderungen, zu denen die seither erschienene Litteratur und neue Untersuchungen Veranlassung gaben.

Manche Kapitel — wie das über die Classification der psychophysischen Massmethoden, darüber die Jastrow'schen practischen Schwellen — werden aus einigen Gründen hier ganz unerwähnt gelassen. Von den Versuchen mit unbeweglichem Auge, die ich für noch nicht abgeschlossen halte, sind in der Arbeit nur wenige angeführt.

I. Einleitung.

Zur experimentellen Lösung der Frage über den Zusammenhang der verschiedenen psychophysischen Massmethoden scheint im Grossen und Ganzen das Gebiet der extensiven Grössen, in dem Sinne, wie es Fechner in den Elementen[1]) auffasst, am geeignetsten. Im Allgemeinen kommt auf diesem Gebiete bedeutend weniger der störende Einfluss mannigfacher, durch das Problem der reinen Intensitätsschätzungen bedingter und mit demselben in innigstem Zusammenhange stehender Momente in Betracht. Der so wichtige, keineswegs eliminirbare Zeitfehler bedingt durch die Incoincidenz der Reizeinwirkung (z. B. bei Schallreizen), die dominirende Rolle der Contrastphänome (z. B. bei Lichtreizen), die Ablenkungen und Schwankungen der Aufmerksamkeit, die Adaptations- und Ermüdungsverhältnisse der Sinnesorgane, — alles das sind ziemlich wichtige Factoren, die schon aus der alltäglichen Erfahrung eine viel untergeordnetere Rolle beim Vergleich von extensiven, als bei dem von intensiven Reizen mitzuspielen scheinen. Andererseits kann auch die Mes-

1) Elemente der Psychophysik. Fechner, Bd. I, 211.

sung der intensiven Reizgrössen nie eine so directe, ohne Zuhilfenahme theoretischer Voraussetzungen ausführbare sein, wie es bei extensiven der Fall ist. Man muss bei der Messung hie und da von Formeln Gebrauch machen, deren Richtigkeit durchaus den Character eines noch nicht endgültig entschiedenen Streitpunctes trägt; bei noch anderen Reizen desselben Gebietes sind wir auf so rohe und primitive Messungsmethoden angewiesen (z. B. Geschmacksinn), dass ihre Präcision noch viel weniger über jeden Zweifel erhaben zu sein scheint.

Uebrigens sind die wichtigsten Sinnesgebiete, die mit Reizintensitäten zu thun haben, in den letzten 6 Jahren einer so gründlichen und umfassenden Bearbeitung unterworfen worden, dass es schon aus diesem Grunde wünschenswerther war das im letzten Decennium wenig berührte Gebiet der extensiven Reize, — und zwar hauptsächlich das des Raumsinnes — auf's Neue ins Auge zu fassen. Es müsste auch desto anregender sein, da man hoffen konnte an der Hand des Versuchsmateriales, neben der Lösung unserer Hauptaufgabe auch über die bisher noch unentschiedene Frage nach der Gültigkeit des psychophysischen Grundgesetzes, wie über die Richtung und relative Grösse der constanten Fehler nähere Aufschlüsse zu erhalten.

Von den drei wichtigsten unsere Raumvorstellung übermittelnden Sinnesgebieten — dem des Auges, der Haut und des Muskelapparates im engeren Sinne, — eignen sich zur Entscheidung der Frage über die gegenseitige Stellung der Massmethoden die zwei letzteren weniger als das erste, da die Fehlerquellen bei denselben theils zu wenig untersucht — wie beim Muskel-

sinne —, theils zu mannigfacher und störender Natur — wie beim Tastsinne — sind.

Zu den ältesten Versuchen auf dem Gebiete des Augenmasses gehören die von Weber[1]) und Hegelmayer[2]). Diese sind nach der primitiven Methode der richtigen und falschen Fälle, alle späteren theils nach der der eben merklichen Reizunterschiede, theils nach der der mittleren Fehler angestellt worden.

Die von den verschiedenen Autoren unter verschiedenen Bedingungen und zu verschiedenen Zwecken ausgeführten Versuche, die nicht bei allen übereinstimmende, oft ganz fehlerhafte Handhabung der Untersuchungsmethoden zu der Zeit, wo sie sich noch nicht der strengen mathematisch-exacten Ausarbeitung erfreuen konnten, — brachten es mit sich, dass sich keineswegs eine Einheitlichkeit der Versuchsergebnisse weder in Bezug auf die von den meisten berücksichtigte Frage über den Verlauf der Unterschiedsempfindlichkeit, noch über den Character der constanten Fehler herausgestellt hatte. Auf die von den einzelnen Forschern erhaltenen Resultate gehe ich hier nicht näher ein und verweise auf die unlängst erschienene Arbeit von Münsterberg[3]), wo sich eine recht sorgfältige kritische Uebersicht der Versuchsbedingungen und -Ergebnisse findet. Auf den Vergleich meiner Resultate mit denen früherer Autoren werde ich bei der Besprechung der einzelnen Methoden zurückkommen.

1) Annot. Anat., pag. 142, citirt nach G. E. Müller.

2) Das Gedächtniss für Linearanschauungen. Vierordts Arch. für physiol. Heilkunde. Bd. XI, pag. 844.

3) Beiträge zur experimentellen Psychologie. Heft II, p. 125.

II. Methode und Technik der Versuche.

Zur Untersuchung wendete ich die Methode der mittleren Fehler und die der richtigen und falschen Fälle an, wobei die letztere in einer unten näher zu besprechenden Weise mit dem Müller-Wundt'schen Principe der Minimaländerung — zur gleichzeitigen Eruirung der Unterschiedsschwelle — combinirt wurde. Es standen mithin als Mass der Unterschiedsempfindlichkeit: ein mittlerer variabler Fehler, ein Procentsatz richtiger Fälle resp. sein Präcisionsmass und ein eben merklicher Reizunterschied zu Gebote. Die bei intensiven Reizen schon mehrmals geprüfte Methode der mittleren Abstufungen, oder der übermerklichen Unterschiede liess ich als sehr wenig empfehlenswerth bei extensiven Grössen unberücksichtigt: es mussten nämlich die mehrmals probeweise nach dieser Methode vorgenommenen Versuche schon aus dem Grunde aufgegeben werden, weil es selten gelang mit der wünschenswerthen Sicherheit und nöthigen Unbefangenheit eine Schätzung, unter Ausschluss jeder messenden Reflexion, auszuführen. Dagegen führte ich eine bestimmte Zahl von Versuchen nach der neuerdings von Merkel[1])

1) Die Abhängigkeit zwischen Reiz und Empfindung. Philosophische Studien. Bd. IV, pag. 545.

aufgestellten und von ihm theoretisch und experimentell näher begründeten Methode der doppelten Reize aus. Ich versuchte sie sogar, auf den Vorschlag des Herrn Prof. Kraepelin, zur Methode der Multipla zu erweitern, bei welcher ein dem gegebenen Reize entsprechendes Vielfache gesucht werden sollte. Endlich ist eine bedeutende Zahl von Experimenten von mir speciell zum Zwecke der Prüfung mancher Vertheilungsweisen der zweifelhaften und Gleichheitsfälle nach der Methode der richtigen und falschen Fälle angestellt worden.

Für die Ausführung der Versuche bedurfte ich eines Apparates, der die Möglichkeit bot zwei um verschiedene fein variirbare Grössen differirende Distanzen zum Vergleich rasch und bequem einzustellen, wobei berücksichtigt werden musste, dass die Einstellung der Vergleichsdistanz, je nach der angewandten Methode von dem Versuchsobjecte resp. vom Gehilfen ausgeführt wird. Die Vorrichtung konnte ziemlich einfach sein, da es in erster Linie weniger darauf ankam die äusseren Versuchsbedingungen zu ändern, als vielmehr aus einem grossen Versuchsmaterial ohne Bedingungsvariationen die oben gestellten Fragen zu lösen.

Der zu diesem Zwecke nach den Angaben vom Herrn Prof. Kraepelin construirte Apparat bestand aus einem mit dunklem Tuch überzogenen Holzgestell, das als Träger einer dicken horizontalen etwa $^3/_4$ Meter langen Spiegelglasschine fungirte. Die letztere war auf der vorderen Fläche mit mattem schwarzem Papier beklebt, aus welchem der ganzen Länge nach eine feine $^1/_2$ Millimeter breite Linie mit einem scharfen Messer herausgeschnitten war, so dass hier — und zwar nur hier — das Licht von aussen in den Apparat hin-

einfallen konnte. Auf diese Weise bot sich dem Beschauer, unter Abblendung jedes anderen Lichtes, eine feine nach Belieben hell erleuchtete Linie, auf welcher weiterhin die zu betrachtenden Strecken durch geeignete Vorrichtungen abgegrenzt werden konnten. Zu diesem Zwecke diente in erster Reihe ein von oben herabhängender, durch ein Gewicht gespannter und beliebig seitlich verschiebbarer, geschwärzter, feiner verticaler Draht, der unmittelbar der Glasplatte anlag, so dass von ihm nur das die Lichtlinie kreuzende Bruchstückchen als senkrechter Trennungsstrich sichtbar war. Ausserdem konnten von beiden Seiten her über die Enden der Lichtlinie, und diese letzteren vollkommen verdeckend, genau regulirbare schwarze Schieber bis zur Mitte herübergezogen werden, so dass zu beiden Seiten des oben erwähnten Drahtes ganz beliebig lange Strecken der Lichtlinie für das Auge des Beschauers frei blieben. An den einzelnen Schiebern waren oben Zeiger angebracht, die auf einem Massstab ihre gegenseitige Stellung ablesen liessen.

Für das Experimentiren nach der Methode der mittleren Abstufungen war endlich noch ein zweiter verticaler Draht, genau gleich dem schon beschriebenen vorgesehen. Ausserdem war die Einrichtung getroffen, dass je ein Verticaldraht und der gleichseitige Schieber in einer beliebigen Entfernung von einander, an einer unsichtbar angebrachten horizontalen Spange festgeschraubt und mittelst dieser in horizontaler Richtung gleichzeitig verschoben werden konnten. Es war auf diese Weise möglich, die eine der für jene Methode nothwendigen Vergleichsdistanzen in einem beliebigen Abstand von der anderen zu bringen, der nun weiterhin von der Ver-

suchsperson, nach Massgabe der gestellten Aufgabe, eingestellt werden konnte. Diese Verschiebung einer fixirten Distanz war nach Belieben auf jeder Seite des Gesichtsfeldes bequem ausführbar.

Alle Schieber konnten auch mittelst einer seitlich angebrachten Schraube verschoben werden. Dies geschah durch einen schwarzen, der Lichtlinie parallel verlaufenden Draht, der durch ein Gewicht horizontal zu spannen und an jedem Schieber festzuklemmen war, so dass es möglich war entweder einem Schieber allein, oder zweien zu gleicher Zeit die feineren Bewegungen durch die Schraube mitzutheilen. Die Schraubenmutter trug eine Theilung, so dass man noch 0,1 Millimeter genau abzulesen im Stande war.

Ein dunkler Vorhang, der die Lichtlinie nach Beendigung jedes Einzelversuches verdecken sollte, wie auch ein Kopftuch zur Herstellung einer Art Dunkelkammer wurden nach den ersten wenigen Versuchen als irrelevant unbenutzt gelassen.

In der Entfernung 50 Ctm. vom Apparate befand sich ein kleines unbewegliches Gestell, an dessen oben halbringförmig angeordneten Holzstreifen die Stirn, unten grubenförmig sich vertiefendem gut ausgepolstertem Bogen das Kinn sich fest anlegen konnte. Sämmtliche Versuche sind mithin bei (in der Entfernung 50 Ctm. von den gegebenen Linien) fixirtem Kopfe ausgeführt worden.

Wo keine speciellen Bemerkungen gemacht sind, wurde beim Experimentiren ausschliesslich das rechte Auge benutzt, dessen Blick in der Primärlage ungefähr auf den Berührungspunct der zu vergleichenden Linien fiel, wobei das linke Auge, eine schwarze undurchsich-

tige Brille tragend, ungestört in eine dunkle Fläche seine Gesichtseindrücke projiciren, und die correspondirenden Bewegungen des anderen Auges mitausführen konnte.

Zeit- und Raumlagenfehler, wie auch Uebungs- und Ermüdungseinflüsse sind in der bei jeder Methode üblichen Weise berücksichtigt und eliminirt worden.

Die meisten Versuche sind mit unbedeutenden Unterbrechungen zwischen Januar und November 1889 ausgeführt worden; sie beschäftigten mich fast täglich 2—3 Stunden. Das Experimentiren nach der am meisten zeitraubenden Methode der richtigen und falschen Fälle geschah gewöhnlich vormittags, dasjenige nach den übrigen Methoden nachmittags, in einem hell und nicht blendend beleuchtetem Zimmer des hiesigen physiologischen Institutes.

Die eingehende ophthalmologische Untersuchung meiner Augen erwies bei vollkommen normaler Sehschärfe eine etwa 1,5 Dioptrien betragende latente Hypermetropie mit gleichzeitig bestehender schwacher Insufficienz des Internus.

Da sich Niemand finden liess, der mir für den ganzen Zeitraum der Experimente behülflich sein konnte, so war ich gezwungen die gefällige Unterstützung Mehrerer in Anspruch zu nehmen. Besonders verpflichtet fühle ich mich den Herren Drr. Bertels und Falk, die die Manipulationen am Apparate ausführten und die Versuche regelmässig registrirten.

III. Methode der mittleren Fehler.

Für jede nach dieser Methode untersuchten Distanzen (10, 20, 50, 100, 150, 200, 250 Mm.) wurden 500 Einzelbestimmungen, je 250 für linke (L) und rechte (R) Raumlage des Normalreizes ausgeführt. Jeden Tag machte ich abwechselnd 50 Versuche bei rechter resp. linker Lage der Normaldistanz. Solch' eine Gruppe aus 50 zur selben Tageszeit vollführten Versuchen bestand aus zwei Reihen (= Fractionen), deren eine absteigend ↓, — von einem deutlich kleineren Reize als der gegebene ausgehend —, andere aufsteigend ↑ ging. Jedem „aufsteigenden" Versuche folgte ein „absteigender" und umgekehrt, so dass alle Versuche in der Reihenfolge der geraden Zahlen der einen, die der ungeraden der anderen Fraction zugezählt wurden. Bei dieser Anordnungsweise liessen sich am sichersten die Fehler gleichmässig vertheilen und im Durchschnittsresultate eliminiren. Nach 10-tägigem Experimentiren konnten mithin für jede Distanz 500 Versuche in Fractionen aus je 25 mit gleichmässig für R und L, ↑ und ↓ vertheilten Fehlern geliefert werden.

Für die Zahlen der einzelnen Fractionen bestimmte ich zunächst ihre rohen variablen Fehler, von deren Mittel ausgehend sich die reinen Fehler ausrechnen liessen. Das Mittel solcher 25 Fehler gab den mittleren variablen Fehler der entsprechenden Reihe an. Das arithmetische Mittel der 20 auf diese Weise berechneten constanten und variablen Fehler stellte eben

den mittleren constanten und variablen Fehler der untersuchten Distanz dar, wobei als Raumeinheit in allen Reihen das Millimeter zu Grunde gelegt wurde. Die reciproken Werthe der mittleren variablen Fehler dienen bekanntlich, analog den reciproken Unterschiedsschwellen, als Mass der Empfindlichkeit.

Es folgen die Versuchsreihen, von welchen ich am ersten Platz das Verhältniss der variablen Fehler zu den zugehörigen Distanzen anführe, d. h. denjenigen variablen Fehler, welcher der Distanzeinheit in einem Versuche entspricht.

Tabelle I.

a	10	20	50	100	150	200	250
Δ	0,3245	0,6085	0,8673	1,8791	3,3744	5,1103	6,8357
$\frac{\Delta}{a}$	0,0324	0,0304	0,0173	0,0188	0,0225	0,0255	0,0273

Aus dieser kurzen Tabelle leuchtet ein, dass die variablen Fehler zwar mit den Distanzen wachsen, aber nicht proportional, wie es das Weber'sche Gesetz fordert, wobei das Verhältniss des variablen Fehlers zur Normaldistanz $\frac{\Delta}{a}$ bei 10 Mm. sein Maximum erreicht. Bei 20 ist das Verhältniss schon kleiner; bedeutend kleiner, fast um das Doppelte, ist es bei 50, von welchem Puncte an es wieder ansteigt und, stetig wachsend, bei dem letztuntersuchten Reize 250 ein zweites Maximum erreicht, das etwa um ein Viertel kleiner ist, als das früher erwähnte. Wir haben mithin in der untersuchten Reizscala 2 Maxima an den Grenzreizen

und ein Minimum in der Mitte (bei 50 Mm.), d. h. die Unterschiedsempfindlichkeit erreicht ihr Maximum bei 50, für die nach ab- und aufwärts liegenden Distanzen sinkt sie ziemlich bedeutend, wobei sie am geringsten bei 10 und 250 ausfällt. Man darf jedoch nicht annehmen, dass die Empfindlichkeit ihr Maximum und Minima genau an den erwähnten Puncten erreicht, da alle Reize zwischen 20 und 100 (excl. 50), als auch die vor 10 und nach 250 ununtersucht blieben. Wir haben eher, angesichts der strengen Gesetzmässigkeit im Ansteigen und Abfallen der Unterschiedsempfindlichkeit, wohl das Recht zu vermuthen, dass sie jenseits der untersuchten Grenzdistanzen noch stärker sinkt. Was das Maximum anbelangt, so lässt sich nur soviel mit Bestimmtheit sagen, dass es zwischen 20 und 100 liegt. Das Weber'sche Gesetz muss also für die Augenmassversuche als nicht geltend angesehen werden.

Auf die Volkmann'sche[1]) Prüfungsweise seiner Gültigkeit, die später von Fechner in den Revisionen durch die Einführung des wahrscheinlichsten Werthes des mittleren variablen Fehlers corrigirt wurde, lohnt es nicht einzugehen, da sie bei ziemlicher Umständlichkeit keine präciseren Resultate zu bieten vermag.

Das regelmässige Ansteigen und Abfallen der Curve einerseits und die bedeutenden Abweichungen von der theoretischen Weber'schen Linie andererseits machen es ganz unwahrscheinlich, dass es sich hier um das, bloss durch unausgeglichene Zufälligkeiten gestörte Gesetz handele.

1) Physiologische Untersuchungen im Gebiete der Optik. 1863, I. pag. 122.

Verhältnissmässig am meisten Uebereinstimmung zeigt unser Resultat, — wenn ich vorläufig nur von den älteren Arbeiten sprechen sollte, — mit dem von Chodin[1]). Es mögen hier zwei seiner Reihen zum Vergleich mit den unseren angeführt sein. Diese Reihen enthalten die Werthe der durch die Distanz dividirten mittleren variablen Fehler.

Tabelle II.

a	2,5	5	10	20	40	50	80	100	150	160	200	250
Ch.	1/50	1/78	1/90	1/112	1/94		1/88			1/71		
	1/39	1/52	1/64	1/76	1/69		1/73			1/65		
H.			1/30	1/33		1/58		1/53	1/44		1/39	1/37

Abgesehen von der individuell verschiedenen Empfindlichkeit zeigt sich im Allgemeinen derselbe Gang: „mit wachsendem Reize ein erst abnehmender, dann mit weiterem Wachsen ein wieder zunehmender Werth des Quotienten". Berücksichtigen wir die Thatsache, dass die von Chodin untersuchte Reizscala ihre Grenzen bei 2,5 und 160 Mm. fand, so wird seine auf Grund der Versuchergebnisse ausgesprochene Meinung: „überhaupt kann man sagen, dass die Schätzungsschärfe für grosse Distanzen geringer ist, als für mittlere, und grösser als für kleinere" auch für unsere Versuche geltend gemacht werden können.

Die Nichtübereinstimmung der Versuchsresultate mit denen Volkmann's[2]) und Fechner's[3]), bei den

1) Ist das Weber-Fechner'sche Gesetz auf das Augenmass anwendbar? Archiv für Ophthalmologie Bd. XXIII, pag. 92.
2) Physiol. Untersuchungen etc. I, pag. 117.
3) Elemente der Psychophysik Bd. I, pag. 214.

bekanntlich sich die volle Gültigkeit des psychophysischen Gesetzes herausstellte, schien mir zuerst nicht so sehr befremdend, da wie ich glaubte, das benutzte monoculare Verfahren möglicherweise einige constante Abweichungen involvieren und in Folge der unvollkommenen Elimination eben dieser Fehler das Resultat modificiren könnte, — worauf auch Fechner in den Revisionen und in seiner Kritik [1]) gegen Lorenz aufmerksam macht, indem er die Ursache der weniger gesetzmässigen Resultate seiner einhändigen Gewichtsversuche gegenüber den der zweihändigen erörtert. Gerade durch die Nichtübereinstimmung jener binocularen mit meinen monocularen Versuchen veranlasst, untersuchte ich, wie sich die variablen Fehler speciell bei linker resp. rechter Raumlage der Normaldistanz verhalten, — da es doch denkbar wäre, dass das Resultat einer Seite annähernd dem Weber'schen Gesetz folgt, während das der anderen gar nicht mit demselben übereinstimmt und auf diese Weise das Gesammtresultat trübt. Um so mehr hielt ich das für möglich, — trotzdem es bekannt ist, dass die Raumlage im Allgemeinen nur auf den constanten Fehler einen Einfluss ausübt, — da es wahrscheinlich schien (s. unten), dass der variable Fehler meiner Versuche gewissermassen vom constanten beeinflusst wird [2]).

Dass aber keine der Componenten des Endresultates eine strenge Gesetzmässigkeit aufweist, demonstrirt

1) In Sachen des Zeitsinnes und der Methode der richtigen und falschen Fälle gegen Estel und Lorenz. Philosoph. Stud. Bd. III, pag. 15 ff.

2) Vgl. Fechner, Revisionen der Hauptpuncte der Psychophysik. pag. 108.

die nun folgende Tabelle, in der die Verhältnisse der verschiedenen Raumlagen und Steigungstypen angeführt sind.

Tabelle III.

a	10	20	50	100	150	200	250
$\frac{\Delta_{L.}}{a}$	0,0156	0,0164	0,0093	0,0095	0,0113	0,0135	0,0142
$\frac{\Delta_{R.}}{a}$	0,0167	0,0139	0,0080	0,0092	0,0111	0,0120	0,0131
$\frac{\Delta\downarrow}{a}$	0,0173	0,0159	0,0097	0,0099	0,0109	0,0124	0,0132
$\frac{\Delta\uparrow}{a}$	0,0150	0,0144	0,0076	0,0088	0,0115	0,0130	0,0141

Wir sehen die variablen Fehler mit der Distanz überall wachsen. Die $\frac{\Delta}{a}$ sind aber auch hier keineswegs constant, sondern zeigen denselben Gang, wie die Gesammtfehler: eine Abhängigkeit des relativen Werthes des Quotienten von der absoluten Distanzgrösse. Auch hier finden sich die einzelnen Maxima an den Grenzfällen, das Minimum bei 50 Mm.

Noch zwei Puncte wären vorläufig zu erwähnen, die sich später bei der Betrachtung der constanten Fehler am zweckmässigsten werden discutiren lassen, und zwar: 1) ist der reine variable Fehler fast durchweg bei linker Lage der Normaldistanz $\frac{\Delta_{L.}}{a}$ grösser als bei rechter $\frac{\Delta_{R.}}{a}$, die Unterschiedsempfindlichkeit mithin

bei linkseitiger Einstellung der Fehldistanz grösser. 2) Fällt der variable Fehler verschieden aus, je nachdem wir die Fehldistanz einstellen, von einer übermerklich kleineren oder grösseren Distanz ausgehend: er ist nämlich bei kleinen Reizen grösser im absteigenden als im aufsteigenden Typus, bei grösseren umgekehrt. Ungefähr in der Mitte ist er für beide Steigungstypen gleich. Die Unterschiedsempfindlichkeit ist sozusagen für kleine Reize grösser beim aufsteigenden, für grössere — beim absteigenden Verfahren. Ist mithin eine kleine Distanz gegeben und wird eine ihr gleich grosse gesucht, so erfüllen wir diese Forderung mit grösserer Präcision, mit einer weniger zufälligen Variabilität der Einzelschätzungen, wenn wir bei der Einstellung von einer bedeutend kleineren, als wenn von einer grösseren (als die Normaldistanz) ausgehen. Umgekehrt verhält sich die Sache bei grösseren — in unserem Sinne — Distanzen.

In den übrigen Arbeiten, die sich weniger mit der Frage über die Gültigkeit des Weber'schen Gesetzes beschäftigen, vermisst man entsprechende Versuchsreihen und Tabellen, die sich zum Vergleich mit den meinigen eignen könnten. Auch sind bei manchen derselben die Bedingungen ähnlich den bei Volkmann und Chodin: binocular mit oder ohne Ausschluss der Kopf- und Augenbewegungen. Dagegen fand ich bei Münsterberg[1]), der den Einfluss der verschiedenen Versuchsvariationen auf die Grösse und Richtung der variablen Fehler studirte, eine mehr oder weniger mit unseren Reihen vergleichbare Tabelle — ein Resultat aus Versuchen mit rechtem frei beweglichem Auge.

1) Beiträge zur experim. Psych. 1889 II, 159, Tab. II.

Sie ist nur in Bezug auf die variablen Fehler vergleichbar, da die constanten schon ziemlich beeinflusst sein könnten, beispielsweise durch die Thatsachen, dass bei ihm horizontale Punctdistanzen, bei mir horizontale Linien zum Vergleich herangezogen wurden, durch die ein wenig differirende Entfernung des Auges vom Apparate (bei ihm 600, bei mir 500 Mm.), durch die verschieden grosse Versuchszahl (bei ihm 20, bei mir 500) etc. Versuchstabellen mit horizontalen Liniendistanzen fand ich zwischen seinen vielen Bedingungsänderungen leider nur eine — binoculare, (ohne Angabe der Details der einzelnen Distanzen), so dass ihr Vergleich mit meiner schwer durchführbar wäre.

In der nun folgenden Tabelle sind die mittleren variablen Verhältnissfehler (aus Münsterbergs und meiner Tab. II), wie auch die Abweichung jedes dieser Werthe von einem berechneten Durchschnittswerthe in Procenten der Normaldistanz angeführt, wobei nur eine Decimalstelle berücksichtigt wurde.

Tabelle IV.

a	10	20	50	100	150	200	Mittel.
Δ_M	3%	2	1,4	3	2,3	1,9	2,30%
Δ_H	3,2	3	1,7	1,9	2,2	2,5	2,41
Mittl. Abweich.$_M$	0,7%	0,3	0,9	0,7	0,0	0,4	0,50%
Mittl. Abweich.$_H$	0,8	0,6	0,7	0,5	0,2	0,1	0,49

Die variablen Fehler der einzelnen Distanzen, die mittleren Abweichungen, wie auch ihre Durch-

schnitte (2,30—2,41; 0,50—0,49%) zeigen ziemlich übereinstimmende Werthe, was auf dieselbe durchschnittliche Empfindlichkeit hinweisen würde. Es bleibt aber desto unverständlicher, mit welchem Rechte Münsterberg aus seinen Versuchen auf die Gültigkeit des Weber'schen Gesetzes zurückschliesst. Wenn auch Fechner, Müller und Wundt in manchen der Chodin'schen Reihen eher eine Bestätigung als Widerlegung des Weber'schen Gesetzes zulassen, so thun sie es auch nur für einen bestimmten Theil der untersuchten Reizscala, wo die Differenzen zwischen den einzelnen relativen variablen Fehlern verhältnissmässig klein sind (wie $^1/_{64}$—$^1/_{76}$, oder $^1/_{48}$—$^1/_{60}$). Für meine und desto weniger für die Münsterberg'schen Reihen wird wohl kaum seine Gültigkeit zugelassen werden können. Ich sage „desto weniger für die M.", da sich bei ihm — um von derselben ziemlich einfachen Tabelle II zu sprechen — nicht nur mittlere variable Fehler, die von einander weniger als um das Doppelte abweichen, (wie es auch bei mir der Fall ist), sondern sogar mehr als um das Dreifache, finden lassen, wie der Vergleich der Distanzen 10 und 60 Mm., deren variable Fehler 3,0% und 0,9% ausmachen, zeigt.

Stimmen wir mit der von Münsterberg ausgesprochenen Meinung überein, „dass selbstverständlich die Schwankungen um den procentischen Durchschnittsschwellenwerth mit der Complication der experimentellen Bedingungen, wie bei monocularem fixierten Sehen u. s. w. zunehmen," so werden wir kaum mit Recht annehmen dürfen, dass die meisten seiner übrigen, bei viel ungewöhnlicheren Sehbedingungen ausgeführten Schätzungen eine, wenn auch nur „für die Empirie ausreichende

Gültigkeit des Weber'schen Gesetzes," aufzuweisen im Stande wären.

Wenden wir uns nun dem constanten Fehler zu, um nach genauerer Betrachtung seine Stellung zum mittleren variablen Eehler näher zu beleuchten. Es ist kaum nöthig hervorzuheben, dass theoretisch das Mittel einer ganzen Versuchsreihe seiner Natur nach schon frei von allen den zufälligen Fehlern ist, die jedem einzelnen Gliede der Schätzungsreihe anhaften. Ob der mittlere constante Fehler von allen Versuchen ein scheinbarer oder wahrer ist — im Sinne Wundts[1]) und Fechners — lässt sich, abgesehen von der sehr genauen aber ziemlich umständlichen Berechnung des wahrscheinlichsten Fehlers einer mittleren Beobachtungsreihe aus den Beobachtungsfehlern, noch auf die einfache Weise zeigen, dass der wahre constante Fehler durch alle Fractionen dasselbe Vorzeichen behält. Ich will daher der folgenden Tabelle die Bemerkung vorausschicken, dass die $c = a' - a$ in allen Fractionen fast ausnahmslos dasselbe Vorzeichen behielten, so dass es keinem Zweifel unterliegen kann, dass der constante Fehler kein scheinbarer ist, worauf man schon etwa aus der Constanz desselben Vorzeichens bei fast allen untersuchten Distanzen schliessen könnte. Ich habe auch zur Controlle die wahrscheinlichen Fehler der Fehldistanzen ausgerechnet und sie tabellarisch zusammengestellt (s. unten).

Die absoluten constanten Fehler in Millimetern demonstrirt die Tabelle V.

1) Physiologische Psychologie. B. I, pag. 352.

Tabelle V.

a	10	20	50	100	150	200	250
C_L.	0,132	0,623	0,736	4,196	5,865	15,022	26,255
C_R.	−0,178	0,070	0,210	1,031	1,485	6,532	10,576
$C_\downarrow$	−0,018	0,444	0,821	3,439	3,618	10,974	19,327
$C_\uparrow$	−0,028	0,249	0,125	1,788	3,732	10,580	17,504
C	−0,023	0,346	0,473	2,613	3,675	10,777	18,415

Beim Betrachten derselben überzeugen wir uns: 1) dass der constante Fehler, mit Ausnahme einer Distanz, positiv ist, d. h. das activ eingestellte **a′** ist grösser als das gegebene **a**: wir unterschätzten die von uns eingestellte Fehldistanz. Eine Ausnahme macht die Distanz 10 und vielleicht auch die unterhalb derselben liegenden.

2) Die durchschnittlichen const. Fehler **c** wachsen mit der Distanz ganz disproportional, was uns die Reihe $\frac{c}{a}$ der Tabelle VI

Tabelle VI.

a	10	20	50	100	150	200	250
$\frac{\Delta}{a}$	0,0324	0,0304	0,0173	0,0188	0,0225	0,0255	0,0273
$\frac{+c}{a}$	−0,0023	0,0173	0,0095	0,0261	0,0245	0,0539	0,0737

demonstrirt, welche den eine Disdanzeinheit begleitenden const. Fehler ausdrückt.

3) Wenngleich die c ihrem absoluten Werthe nach ganz andere sind als die variablen, so zeigt doch der Verlauf ihrer relativen Werthe ganz dieselben Eigenthümlichkeiten (s. Tab. VI), was der Vergleich beider Reihen der letzten Tabelle klarlegt: auch der constante positive Verhältnissfehler $\left(\frac{c}{a}\right)$ erreicht sein Minimum bei 50, von welchem Puncte an er mit kleinen Schwankungen nach oben zu progressiv wächst; nach unten zu eine Strecke lang wächst, um dann wieder zu fallen. Von allen überschätzten Normaldistanzen wird mithin die 50 verhältnissmässig am richtigsten reproducirt.

4) Was die Eigenthümlichkeiten des constanten Fehlers in Bezug auf die Raumlage betrifft (s. Tab. V), so wiederholt sich auch hier das beim variablen Fehler Beobachtete: C_L ($= a'_R - a$) ist ausnahmslos bedeutend grösser als das entsprechende C_R. Ich überschätze mithin die linksliegende Normaldistanz immer mehr als die rechtsliegende — ganz abgesehen davon, ob sie verhältnissmässig gross oder klein ist. Eine analoge constante Ueberschätzung, bei monocularem Sehen, nur der dem benutzten Auge heteronomen Seite ist Aubert[1]) und Kundt[2]) aufgefallen, wenn auch dieselben im Allgemeinen mit kleineren Distanzen, als ich operirten.

5) Beim ab- wie auch aufsteigenden Versuchsverfahren überschätze ich die Hauptdistanz, oder unterschätze die activ eingestellte Vergleichsdistanz, und zwar stärker beim absteigenden, — eine Erscheinung,

1) Aubert. Physiologie der Netzhaut. pag. 263 ff.

2) Kundt. Untersuchungen über Augenmass und optische Täuschungen. Poggendorff's Annalen d. Physik, B. CXX, pag. 118.

die auf anderen Sinnesgebieten gar nicht selten zur Beobachtung kommt[1]) und zu verschiedenartigen Erklärungsversuchen Anlass gegeben hat.

Angesichts der sich regelmässig in allen Reihen wiederholenden Unterschätzung der Fehldistanz war es wünschenswerth, die Sicherheit der Resultate einer genaueren Prüfung zu unterwerfen und durch die Ausrechnung des wahrscheinlichen Fehlers der mittleren Fehldistanz einen sicheren Hinweis auf den Character des constanten Fehlers zu gewinnen.

Bei der Feststellung des wahrscheinlichen Fehlers einer mittleren Beobachtungsgrösse müssen bekanntlich die einzelnen Abweichungen von diesem Mittel quadrirt werden. Dieses ziemlich umständliche und leicht zu Rechnungsfehlern führende Verfahren veranlasste mich die von Fechner[2]) angegebene einfachere Formel zu benutzen, da sie „nur mit unerheblich geringerer Sicherheit" den wahrscheinlichen Fehler berechnen lässt. In der Formel $w = \frac{1{,}1955\ \Sigma\delta}{n\sqrt{2\,n-1}}$ bezeichnet w den wahrscheinlichen Fehler von c, n — die Versuchszahl jeder einzelnen Fraction, $\Sigma\delta$ — die Summe aus sämmtlichen Abweichungen der Einzelbeobachtungen vom Durchschnittswerthe, i. e. die Summe der reinen variablen Fehler. Da diese Formel den wahrscheinlichen Fehler nur der einzelnen Fraction berechnet, so muss der Mittelwerth aller 20 Fractionen ge-

1) Vgl. analoges Verhalten der auf- und absteigenden Reihen auf dem Gebiete der extensiven Reize: G. Martius, Ueber die scheinbare Grösse der Gegenstände und ihre Beziehung zur Grösse der Netzhautbilder. Philosoph. Stud. B. V, pag. 608.

2) Jubelband der Poggendorff'schen Annalen. pag. 73.

nommen werden, um den gesuchten Werth aufzufinden. Die in dieser Weise ausgerechneten Zahlen sind in der Tabelle VII zusammengestellt, wobei ich um des bequemeren Vergleiches willen die absoluten Werthe der **c**, wie auch die in Procenten des constanten Fehlers ausgedrückten wahrscheinlichen Abweichungen nebenbei anführe.

Tabelle VII.

a	10	20	50	100	150	200	250
W.	0,055	0,104	0,147	0,319	0,573	0,868	1,162
C.	0,023	0,346	0,473	2,613	3,675	10,777	18,415
$J\% = 100.\frac{W}{C}$	239%	30	31	12	15	8	6

Es lässt sich wohl ohne Weiteres aus der Tabelle erkennen, dass die wahrscheinlichen Fehler der gefundenen Fehldistanzen oder ihrer constanten Fehler verhältnissmässig klein sind, — ausgenommen ist die Distanz 10 —, dass wir also mit überwiegender Wahrscheinlichkeit den constanten Fehler als einen „wahren" betrachten müssen. Es ist anzunehmen, dass ein solcher auch bei der Distanz 10 vorhanden ist, und nur durch einen hinzugekommenen scheinbaren, von unausgeglichenen Zufälligkeiten abhängigen constanten Fehler vollständig verdeckt wird. Dass solche zufällige Fehlerquellen verhältnissmässig am stärksten an und für sich kleine Distanzen beeinflussen, ist insofern verständlich, als nur bei solchen die Einstellung wie Ablesung der Fehler sehr grossen Schwankungen unterliegt.

Auf die Ursachen des constanten Fehlers will ich später beim Vergleiche mit dem Resultate der Methode der richtigen und falschen Fälle näher eingehen. Vorläufig möchte ich, da die Frage über die Bedeutung des constanten Fehlers besprochen wird, mich kurz über die durch ihn bedingte Fehldistanz fassen.

Es liegt, angesichts der in unseren Reihen herrschenden const. Fehler, der Gedanke sehr nahe, die Gültigkeit des Weber'schen Gesetzes auf dieselbe Weise zu prüfen, wie es Ejner[1]) bei seinen Zeitsinnsversuchen machte, wo der const. Fehler bis 30% der gegebenen Zeit betrug. Nachdem das Verhältniss seines mittleren variablen Fehlers durchweg sich nicht streng der Normalzeit erwiesen hatte, meint er: „erwägt man indessen, dass möglicherweise der Mittelfehler nicht so sehr eine Function der unveränderlichen Normalzeit, als vielmehr der durch den const. Fehler beeinflussten Vergleichszeit darstellt, so liegt der Gedanke nahe, dass vielleicht die vom Indifferenzpuncte an nach beiden Seiten hin progressiv wachsende Unterschätzung auch den Mittelfehler in analogem Sinne verändert . . ." Meiner Meinung nach müssen wir immer, abgesehen davon, welch' ein const. Fehler vorliegt, — sei der ein innerer oder äusserer, wahrer oder scheinbarer, — ihn in Rechnung bringen, wenn wir die Gültigkeit des Weber'schen Gesetzes, oder allgemein den Gang der einer Reizeinheit entsprechenden Fehlerquote feststellen wollen. Selbstverständlich, ist der constante Fehler bei Zeitsinnsversuchen auf ganz andere mit der Versuchsanordnung und mit dem Begriff der successiven Zeit-

1) Experimentelle Studien über den Zeitsinn. Dissertation. Dorpat 1889, pag. 17.

schätzung im innigsten Zusammenhange stehende Momente zurückzuführen; bei meinen monocularen Augenmassversuchen, oder beispielsweise bei den Fechner'schen einhändigen Gewichtsversuchen sind ganz andere, vielleicht wie beim Zeitsinne nicht eliminirbare const. Fehler vorhanden. Doch können die Art und die Entstehungsweise des Fehlers unmöglich als Kriterium für die Gültigkeit einer Gesetzmässigkeit dienen. Wir sollen doch immer, wie es beispielsweise bei astronomischen Registrirungen geschieht, die Grösse des variablen Fehlers nicht mit dem Reize vergleichen, der uns gegeben ist, als vielmehr mit dem, welcher von uns wahrgenommen wird, der auf dem Wege von der Peripherie zum Apperceptionsorgane auf diese oder jene Weise modificirt wurde. Wenn beim gegebenen Reize 100 der const. Fehler z. B. $= -3$ ist, so heisst es: der von uns wahrgenommene Reiz ist durch irgend welche Hindernisse nicht in seiner ursprünglichen Grösse, sondern verkleinert, als 97 in das Bewusstseinsorgan getreten; wir haben mithin mehr Recht, caeteris paribus, den variablen Fehler hier mit dem von uns subjectiv wahrgenommenen 97, als dem objectiv gegebenen 100 zu vergleichen.

Es ist der nun zur Sprache gekommene Quotient $\frac{\Delta}{a'}$ deshalb oben in der Tabelle VI nicht angeführt worden, weil ich die Betrachtung der const. Fehler vorausschicken wollte. Uebrigens ist es hier leicht vorauszusehen, dass die Einführung des richtigen Quotienten statt der $\frac{\Delta}{a}$ nur unwesentlich das Endresultat modificiren wird: es steht daher auch nicht zu erwarten, dass durch diese Correction die Gültigkeit des Weber'schen

Gesetzes sich erweisen wird. Denn je nachdem alle c positiv (wie in meinen Reihen) bezw. negativ (wie in den Ejner'schen) sind, müssen die zugehörigen $\frac{\Delta}{a_1}$ kleiner bez. grösser als die $\frac{\Delta}{a}$ ausfallen. Damit aber die ganz verschieden grossen $\frac{\Delta}{a}$ doch nahezu gleich grosse $\frac{\Delta}{a'}$ liefern, müssen sich, im Falle eines positiven c, die kleinen $\frac{\Delta}{a}$ sehr wenig, die grossen sehr stark verkleinern, im Falle eines negativen c muss eine analoge Veränderung in umgekehrtem Sinne eintreten. Geben wir nun dem $\frac{\Delta}{a_1}$ eine etwas andere Form: $\frac{\Delta}{a_1} = \frac{\Delta}{a \pm c} = \frac{\Delta}{a} : 1 \pm \frac{c}{a}$, so können wir sagen, dass der corrigirte variable Verhältnissfehler gleich ist dem ursprünglichen, dividirt durch den um eine Einheit vergrösserten allgebraischen Werth des relativen const. Fehlers. Mithin wird dieser Formel zufolge das $\frac{\Delta}{a'}$ um so grösser sein $\left(\text{als das entsprechende } \frac{\Delta}{a}\right)$, je kleiner der algebraische Werth des $\frac{c}{a}$ ist. Also in der Ejner'schen Hauptreihe mit einmaliger Reproduction, der die Formel $\frac{\Delta}{a_1} = \frac{\Delta}{a} : 1 - \frac{c}{a}$ zutrifft, müssen, um nahezu gleiche $\frac{\Delta}{a_1}$ zu erhalten, — was zur Gültigkeit des Weber'schen Gesetzes nothwendig ist, — den grössten $\frac{\Delta}{a}$ die kleinsten $\frac{c}{a}$, den kleinsten die grössten entsprechen, was auch der Fall ist.

Tabelle VIII.

a	30	60	120	180	240
$\frac{\Delta}{a}$	0,2014	0,0952	0,1176	0,1044	0,0834
$\frac{-c}{a}$	0,0570	0,1835	0,0059	0,1174	0,1322

In meiner Hauptreihe, der die Formel $\frac{\Delta}{a_1} = \frac{\Delta}{a} : 1 + \frac{c}{a}$ entspricht, müssten umgekehrt den grössten $\frac{\Delta}{a}$ die grössten $\frac{c}{a}$ entsprechen, was aber keineswegs der Fall ist, indem dem grössten $\frac{\Delta}{a}$ das kleinste $\frac{c}{a}$ entspricht (s. Tab. VI); nur derjenige Theil der Reihe, welcher unseren Anforderungen einigermassen entspricht (100—250 Mm.), kann nach der Umwandlung etwas näher der Gültigtigkeit des Weber'schen Gesetzes treten, wie es sich aus der nun folgenden Tabelle IX leicht erweist.

Tabelle IX.

a	C. $\left(\frac{100}{a}\right)^{0/0}$	$\frac{\Delta}{a'}$	$\frac{\Delta}{a}$
	Jan.—Sep.	Jan.—Sep.	Jan.—Sep.
10	0,230	0,0326	0,0324
20	1,730—0,94	0,0299—0,0205	0,0304—0,0208
50	0,946—1,22	0,0172—0,0156	0,0173—0,0158
100	2,613—2,68	0,0183—0,0176	0,0188—0,0180
150	2,450—3,65	0,0219—0,0178	0,0225—0,0185
200	5,388—4,74	0,0242—0,0235	0,0255—0,0246
250	7,366—5,05	0,0255—0,0253	0,0273—0,0267

Es finden sich in derselben unter den Rubriken Jan. — Sep. in übersichtlicher Form auch die constanten und variablen Verhältnissfehler der schon ausführlich besprochenen Januarversuche, wie auch der aus einer bedeutend kleineren Zahl (je 100 Versuche für eine Distanz) bestehenden, zur Controlle angestellten Septemberversuche. Ein genaueres Eingehen auf die letzteren scheint ziemlich überflüssig zu sein, da der Verlauf der einzelnen Grössen im Allgemeinen derselbe ist. Abgesehen von einer richtigeren Schätzung und etwas erhöhten Empfindlichkeit bei den später ausgeführten Versuchen ist nur beachtenswerth, dass das allmähliche Anwachsen des constanten Fehlers bei denselben nicht zwischen 20 und 50, sondern schon bei 20 anfängt. Versuche mit der Distanz 10 sind im September keine gemacht worden.

IV. Methode der richtigen und falschen Fälle.

Ich untersuchte nach dieser Methode nur solche Distanzen, bei welchen die Einstellung der Vergleichsreize vom Registrator, ohne Zuhilfenahme der Mikrometerschraube, geschehen konnte, zwar 50, 100, 150, 200 Mm. Bei allen Hauptdistanzen (a) wurden Versuche mit einer grösseren Anzahl ober- und unterhalb liegender Vergleichsdistanzen (a') angestellt: ich combinirte also — wie oben erwähnt — die Methode der richtigen und falschen Fälle mit dem Principe der Minimaländerungen, bei dem bekanntlich das eine Mal eine zu kleine, die Unterschiedsschwelle unterschreitende positive oder negative Reizdifferenz bis zur Grenze vergrössert wird,

wo die Merklichkeit beginnt, oder sogar überschritten wird, das andere Mal eine zu grosse, die Unterschiedsschwelle überschreitende Differenz solange verkleinert, bis sie unmerklich wird. Die Vergleichsdistanzen a' waren mithin $a' = a \pm \frac{1}{n} a$, $a \pm \frac{2}{n} a$, $a \pm \frac{3}{n} a$ u. s. w., wobei ich mich mit je fünf beiderseits liegenden Abstufungen begnügte. Die letzteren waren bei allen Distanzen dieselben, nämlich: 1, 2, 3, 4, 5 Hundertstel der untersuchten Distanz. Diese ganze Scala von Vergleichsreizen füllte also in sehr kleinen gleichmässigen Abstufungen das Gebiet vom Gleichheitspuncte bis zum Uebermerklichkeitspuncte aus.

Zur Eliminirung constanter Fehler der Zeit- resp. Raumlage wurde abwechselnd die eine Versuchsreihe mit positiven Reizdifferenzen, — wo die Vergleichsdistanz grösser als die Hauptdistanz war, — die andere mit negativen begonnen. Denjenigen Versuchstypus, wo die Variable sich stufenweise vergrössert, bezeichne ich als aufsteigenden, wo sie sich verkleinert — als absteigenden. Auch wurde dafür gesorgt, dass täglich die Raumlage der Normaldistanz gewechselt wird.

Diejenigen Fälle in der Schätzungsreihe, wo der Haupt- und Vergleichsreiz einander gleich waren, sind bei einigen untersuchten Distanzen ganz ausgelassen worden, obwohl, wie ich mich später überzeugen konnte, die Resultate übersichtlicher beim Nichtauslassen derselben sein könnten.

Beim Schätzen sind die sog. zweifelhaften und Gleichheitsfälle — nach dem Vorschlag von Jastrow[1]) —

1) A critique of psycho-physic methods. American Journal of Psychology Vol. I. Nr. 2, pag. 271 ff.

nicht zugelassen worden, da die Frage über die zweckmässige Vertheilung „dieser unliebsamen Beigabe der Methode" zwischen den richtigen und falschen Fällen, (was das dieser Methode zu Grundeliegende Gauss'sche Fehlerintegral fordert), trotz der so eifrigen vielseitigen Bearbeitung doch nicht als endgültig gelöst betrachtet werden kann. Das Urtheil musste also immer „grösser" oder „kleiner" lauten. Wenn es auch in den anfangs zur Uebung angestellten Versuchen nicht so leicht gelingen wollte, so liess sich doch allmählich eine Gewöhnung daran constatiren. Das Verbannen der zweifelhaften Fälle war theilweise die Ursache, warum ich die Abstufung $a_1 - a = D = o$ nicht bei allen Distanzen zuliess: es war nämlich vorauszusehen, dass beim Falle, wo eine objective Gleichheit der Reize vorliegen wird, wo mithin die Schätzung gewöhnlich am schwankendsten, am zweifelhaftesten ist, einige Schwierigkeiten beim schnellen, mittelst der Metronomschlägen regulirbaren, etwa 1 Secunde nur dauernden Urtheilfällen „gross oder klein", — da das tertium non datur, — auftreten werden.

Jede der auf- oder absteigender Versuchsreihen bestand mithin aus 20 hinter einander nach der Methode der Minimaländerungen vollführten Schätzungen.

Man könnte vielleicht dieser Versuchsanordnung den Vorwurf machen, es sei fast unmöglich ein streng unwissentliches Verfahren durchzuführen, denn nachdem man sich nur annähernd in der ersten Hälfte jeder auf- oder absteigenden Versuchsreihe darüber bewusst wird, wie der Gang der Abstufungen war, man in der zweiten Hälfte derselben Reihe häufig wissentlich schätzt. Dem gegenüber liesse sich folgendes anführen: 1) liegen einige

von Fechner[1]) und Camerer[2]) experimentell gelieferte Beweise, dass die sog. wissentlichen und unwissentlichen Versuche — mit Zulassen von Gleichheitsurtheilen — im Grossen und Ganzen wenig von einander abweichende Vergleichsresultate liefern. 2) Wollte man annehmen, dass die Uebereinstimmung resp. Verschiedenheit solcher Vergleichresultate nur eine rein individuelle Sache sei, dass nicht Jedermann eine Schätzungsobjectivität in solchem Masse besässe, um in einem sehr zweifelhaften Falle doch nicht das wissentlich richtige Urtheil zu fällen, so müsste auch bei dieser Voraussetzung zugegeben werden, dass, wo es nicht auf ein absolutes, sondern relatives Mass der Empfindlichkeit ankommt, es im Allgemeinen ziemlich gleichgültig sein muss, ob man das eine oder andere Verfahren in Anwendung bringt, selbstverständlich unter der Bedingung, dass man dasselbe in sämmtlichen Reihen durchführt. Im Uebrigen könnte ich nicht ganz mit der Fechner'schen Meinung einverstanden sein, „dass der Vorzug, den er dem wissentlichen Verfahren ertheilt, nicht bloss an seiner Subjectivität und der Natur der Gewichtsversuche hängt, sondern Anspruch auf allgemeine Geltung hat." An einer anderen Stelle sagt er: „jedenfalls habe ich selbst bei meinen wissentlichen Gewichtsversuchen das entschiedene Gefühl hievon gehabt, und meine sogar, dass man wissentlich viel unbefangener über die Beschaffenheit des sinnlichen Eindruckes urtheilt, und

1) Fechner. Ueber die Massbestimmungen des Raumsinnes, XIII. Band der Abhandl. der mathem.-physisch. Classe der königl. Sächs. Gesell. der Wissenschaft, pag. 125 ff.

2) Camerer. Zeitschrift für Biologie. Bd. XVII, pag. 1, ff, B. XIX, pag. 280 ff.

der Einbildung die Möglichkeit sich miteinzumischen, viel mehr erschwert, als wenn . . . .“ Auch dieses Gefühl scheint mir nicht allgemeine Geltung beanspruchen zu dürfen, wenn ich auch andererseits nicht so strict G. Martius[1]) Meinung anerkennen möchte, der der Ungewissheit des Schätzenden die grösste und wesentlichste Bedeutung für die Versuche zuschreibt. 3) Hat auch der Ersatz unserer Versuchsanordnung durch eine andere zweckmässigere ihre ziemlich grossen Schwierigkeiten, denn die einzig mögliche Aenderung, — vorausgesetzt, dass man immer die verschiedenen Abstufungen untersuchen will, — wäre die, dass man, anstatt stufenweise die Vergleichsdistanz zu ändern, sie in irgend welcher anderen Reihenfolge abstuft, und dabei zur Elimination der Reihenfolgenfehler die allmöglichen Combinationen einführt. Aber es ist einerseits zu umständlich, andererseits sehr wahrscheinlich, dass bei unserer Versuchsanordnung, wo zwischen zwei Schätzungen nur wenige Secunden vorübergehen, durch die sinnliche Reproduction der früheren Versuchsbilder die nächstfolgenden störend beeinflusst werden. Wenn wir beispielsweise die Distanz 100 mit 101, 102, 103, 104 und 105 stufenweise aufsteigend vergleichen, und all' die grösseren Vergleichsdistanzen durch irgend welche zufällige oder constante Fehlerquellen uns durchweg kleiner als 100 zu sein scheinen, so können wir doch nicht wissen, ob nicht etwa bei der Reihenfolge: 101, 105 . . . . durch die Contrastwirkung der aufeinander folgenden Versuche doch 105 jetzt sich richtig in ihrer objectiven Grösse wird erkennen lassen. Zwar könnte durch allmögliche

1) G. Martius. Ueber die scheinbare Grösse etc. Philos. Studien. Bd. V, pag. 605.

Combinationen diese störende Wirkung eliminirt werden, aber auch dann hätte die complicirte Versuchsanordnung keine bedeutenden Vorzüge vor unserer.

Was die Versuchszahl für jede Reizabstufung betrifft, so war sie 320, zwar je 160 für rechts und links; für jede Distanz also 3200 Einzelbestimmungen. Da aber die erhaltenen Resultate manches Auffallende darboten, so glaubte ich vielleicht doch nicht vollständig die zufälligen Fehlerquellen compensirt zu haben und stellte daher nach Beendigung dieser — ich nenne sie primäre — Versuchsgruppen noch andere ergänzende — Ergänzungsgruppen — an, den primären ganz analoge, von welchen sie sich nur durch die Versuchszahl unterschieden, die hier für jede Distanz nur die Hälfte betrug. Es sind also, — abgesehen von den Versuchen mit Zulass von Gleichheitsfällen, — nach der Methode der richtigen und falschen Fälle 480 Schätzungen bei jeder Distanzabstufung, 4800 bei jeder Distanz (5040 — bei denjenigen Distanzen, wo auch Vexirversuche vorhanden waren) ausgeführt worden.

Nach jeder Versuchsreihe (aus 20 Schätzungen) wurde eine kurze Pause gemacht, nach je 4 Reihen, — die ich Versuchsgruppe nenne, — eine viel längere etwa 10 Minuten dauernde Pause, so dass die Netzhaut, wie auch der Muskelapparat des Auges sich zu jeder Zeit genügend erholen, und die Versuche durch ein neues Moment — die Ermüdung — nicht wesentlich gestört werden konnten. Täglich sind im Verlauf von $1^1/_2$—2 Stunden 5 Versuchsgruppen ausgeführt worden.

Das Resultat nach der Methode der richtigen und falschen Fälle soll hauptsächlich auf folgende Punkte untersucht werden: 1) auf den Einfluss mancher elimi-

nirbarer Fehlerquellen (Uebung, Ermüdung, linke und rechte Raumlage etc.), 2) auf die Constanz der r% d. h. des Procentsatzes richtiger Fälle bei verhältnissgleichem D, 3) auf die Abweichungen der gefundenen hD-Curve von der der Fechner'schen Fundamentaltabelle, 4) auf die Constanz des Productes der Reizdifferenz in ihr Fechner'sches Präcisionsmass, wie der Reize in ihre Müller'schen Präcisionsmasse, 5) auf den Gang der wahrscheinlichen Fehler der verschiedenen Reize und Reizdifferenzen, 6) auf die Uebereinstimmung mit den variablen und constanten Fehlern der Methode der mittleren Fehler, 7) auf die Constanz der Jastrow'schen practischen Schwellen, 8) auf den Versuch einer Berechnung des eben merklichen und eben unmerklichen Reizunterschiedes, 9) auf die wahrscheinlichen Ursachen der constanten Fehler und endlich 10) auf den Versuch einer experimentellen Lösung der Frage über die verschiedenen Theilungsprincipien der zweifelhaften resp. gleichen Urtheilsfälle.

Es folgen die Versuchsreihen, wo am ersten Platze die Zahl der unmittelbar aus den Versuchen sich ergebenden richtigen Urtheile, procentarisch ausgedrückt, betrachtet werden soll.

Tabelle X.

D	L. 50		L. 100		L. 150		L. 200		R. 50		R. 100		R. 150		R. 200	
	Primär.	Ergänz.	Primär.	Ergänz.	Primär.	Ergänz.	Primär.	Ergänz.	Primär.	Ergänz.	Primär.	Ergänz.	Primär.	Ergänz.	Primär.	Ergänz.
0,05a	76,25	91,25	86,24	83,75	82,50	90,00	73,75	65,00	99,37	97,50	90,00	97,75	94,38	93,75	79,37	95,00
0,04a	64,37	85,00	77,51	75,00	70,00	71,25	73,13	56,25	97,50	93,75	86,87	85,00	94,38	86,25	71,25	92,50
0,03a	44,38	76,25	66,24	52,75	61,25	63,75	63,75	41,25	96,87	88,75	75,00	85,00	82,50	80,00	61,25	92,50
0,02a	38,12	65,00	59,37	45,00	48,75	47,50	56,25	22,50	93,12	77,50	71,87	85,00	80,00	66,25	57,51	87,50
0,01a	28,75	55,00	38,14	33,75	36,25	31,25	46,88	25,00	83,75	48,75	58,12	63,75	75,00	67,50	48,12	92,50
−0,01a	88,12	86,25	80,00	90,00	73,13	90,00	78,13	95,00	58,12	78,75	76,87	65,00	61,88	66,25	76,87	41,25
−0,02a	96,25	90,00	92,50	96,25	78,13	92,50	89,38	90,00	66,87	92,50	85,62	73,75	73,75	80,00	80,62	57,50
−0,03a	98,75	96,25	93,12	97,50	83,13	96,25	91,25	96,25	81,87	98,75	85,62	78,75	82,50	90,00	92,51	67,50
−0,04a	99,37	98,75	96,25	98,75	89,38	98,75	95,00	98,75	94,37	100,00	94,37	90,00	88,75	95,00	94,38	82,50
−0,05a	99,37	100,00	98,74	98,75	94,38	100,00	94,38	100,00	96,25	100,00	96,88	93,75	93,75	100,00	95,62	90,00
Mittel	73,37	84,37	78,81	77,15	71,69	78,12	68,80	76,19	86,81	87,62	82,12	81,77	82,69	82,50	75,75	79,87

Es fällt beim Ansehen der Tabelle leicht auf, — wenn man zunächst nur die Beziehung der primären zu den Ergänzungsversuchen in's Auge fasst, — dass die zeitlich bedeutend später ausgeführten Versuche im Grossen und Ganzen wenig von den primären abweichende Resultate liefern.

Der durchschnittliche Procentsatz in der letzten Horizontalreihe liesse vielleicht auf eine im Laufe der Zeit etwas zugenommene Uebung schliessen (analog den Controllversuchen nach der Methode der mittleren Fehler). Wir können also im Folgenden, ohne einen erheblichen Fehler zu begehen, überall von den Durchschnitten dieser zeitlich auseinanderliegenden Versuche Gebrauch machen.

Die Frage über den Einfluss der Uebung und Ermüdung auf die Reihen jedes einzelnen Tages versuchte ich in der Weise zu beantworten, dass ich speciell die r% der ersten Hälfte der täglich gemachten Versuche, wie auch die der zweiten ausrechnete, und die erhaltenen Zahlenreihen mit einander verglich. Sollten die erwähnten Momente auf die Schätzung einen Einfluss ausüben, so müsste er selbstverständlich am grössten bei der zweiten Versuchshälfte sein, wo voraussichtlich die periphere resp. centrale Ermüdung, wie auch die ihr antagonistisch wirkende Uebung, ihr Maximum erreichend, aus den Versuchszahlen registrirt werden können.

Tabelle XI.

	50		100		150		200	
	I.	II.	I.	II.	I.	II.	I.	II.
1. Abstuf.	65,2	65,8	64,6	62,7	67,5	60,2	62,7	65,0
2. „	76,9	75,4	76,2	77,1	70,6	72,7	68,3	69,2
3. „	84,0	84,8	79,8	79,2	79,2	80,2	75,8	76,7
4. „	89,4	92,2	86,9	89,6	86,9	87,5	82,9	83,3
5. „	94,0	94,6	93,6	92,7	94,8	91,9	84,8	88,9
	81,9	82,4	80,2	80,2	79,8	78,5	74,9	76,6
	+ 0,5		0		— 1,3		+ 1,7	

In der Tabelle sind die Durchschnitte von den gleichnamigen positiven und negativen Abstufungen angeführt, wobei unter den Rubriken I und II die r% der ersten und zweiten Hälfte des täglich gewonnenen Versuchsmaterials sich finden. Die Differenz der r% beider Versuchshälften zeigt im Durchschnitte bei all' den untersuchten Distanzen sehr kleine Zahlen (± 1,5%), an deren Verlaufe keine Regelmässigkeit nachzuweisen ist, da sie abwechselnd positiv, null oder sogar negativ wird. Das Mittel aller r% der I. Rubriken ergiebt beim Vergleiche mit dem der II. fast ganz dieselbe Zahl: 79,2 und 79,4%, so dass bei den einfachen Augenmassversuchen kein störender resp. begünstigender Einfluss der Ermüdung und Uebung anzunehmen ist. Uebrigens war auch durch die Versuchsanordnung selbst in ausgiebiger Weise auf die Elimination ihres Einflusses Rücksicht genommen.

Bedeutend anders verhält sich die Sache mit dem Einflusse der Raumlage und Zeitfolge der Reizeinwir-

kung (wenn auch die extensiven Reize als simultane aufgefasst werden). Die Beziehung zwischen der Grössenschätzung bei linker und rechter Normallage lässt sich ziemlich leicht aus der folgenden Tabelle ersehen, wo das Durchschnittsprocent aus den primären und Ergänzungsversuchen, — wie es schon in der vorigen Tabelle der Fall war, — angeführt ist.

Tabelle XII.

	L.				R.			
D	50	100	150	200	50	100	150	200
0,05a	81,25	84,99	86,25	69,37	99,12	93,62	94,06	87,18
0,04a	71,25	76,25	70,62	64,69	96,25	85,93	90,31	81,87
0,03a	55,00	59,49	62,50	52,50	94,17	80,00	81,25	76,87
0,02a	47,08	52,18	48,12	39,37	87,92	78,43	73,12	72,50
0,01a	37,50	35,94	33,75	35,94	72,08	60,93	71,25	70,31
Mittel	58,42	61,77	60,25	52,37	89,91	79,78	82,00	77,75
— 0,01a	87,50	85,00	81,56	86,56	65,00	70,93	64,06	59,06
— 0,02a	94,17	94,37	85,31	89,69	75,42	79,68	76,87	69,06
— 0,03a	97,92	95,31	89,69	93,75	87,50	82,18	86,25	80,00
— 0,04a	99,17	97,50	94,06	96,87	96,25	92,18	91,87	88,44
— 0,05a	99,58	98,74	97,19	97,19	97,50	95,31	96,87	92,81
Mittel	95,67	94,18	89,56	92,81	84,33	84,05	83,18	77,73

Aus dem Vergleich der oberen fünf Horizontalspalten mit den unteren ist zu ersehen, dass, wo die Reizabstufungen positiv sind ($a' > a$), die Zahl der richtigen Fälle bei rechter (R) ausnahmslos grösser ist,

als die bei linker (L) Raumlage der Normaldistanz. Ganz das umgekehrte Verhalten, — wie es auch zu erwarten ist, — tritt uns bei den negativen Abstufungen entgegen. Wir erkennen mithin die Grösse der Vergleichsdistanz bedeutend richtiger, wenn sie kleiner als die Hauptdistanz ist, und zwar ist dieses Phänomen viel ausgeprägter, wenn die letztere sich links findet: wir sind also geneigt mit dem rechten Auge eine rechtsliegende Distanz zu unterschätzen.

Uebersichtlicher demonstrirt uns dieses Verhalten die bloss die Durchschnitte aller positiven wie negativen Abstufungen enthaltende kurze Zusatztabelle XIII.

Tabelle XIII.

	50		100		150		200		
D	L.	R.	L.	R.	L.	R.	L.	R.	Mittel.
+ Abstuf.	58,42	89,91	61,77	79,78	60,25	82,00	52,37	77,75	+ 70,27
− Abstuf.	95,67	84,33	94,18	84,05	89,56	83,18	92,81	77,73	− 87,69
Mittel	77,04	87,12	77,98	81,92	74,91	82,60	72,50	77,81	L 75,61
	82,08		79,95		78,75		75,15		R 82,36

Dass diese Eigenthümlichkeit der Zahlen der bei der Methode der mittleren Fehler nachgewiesenen entspricht, soll unten gezeigt werden.

Bei Gelegenheit möchte ich hier gleich auf zwei Curvenreihen (Tafel I) aufmerksam machen, deren erste (A) die Durchschnittszahlen der richtigen Fälle für jede einzelne Abstufung graphisch demonstrirt. Ihr Zahlenausdruck ist in der unten näher zu betrachtenden Tabelle XIV angeführt.

Tabelle XIV.

D	50	100	150	200
0,05a	90,00	89,43	90,00	78,28
0,04a	83,75	81,09	81,04	73,28
0,03a	74,58	69,75	71,87	64,68
0,02a	67,50	65,31	61,88	55,94
0,01a	54,79	48,44	53,54	53,12
Mittel	74,12	70,80	71,46	65,06
− 0,01a	76,25	77,96	71,04	77,81
− 0,02a	84,79	87,03	79,37	79,87
− 0,03a	92,71	88,74	86,50	86,87
− 0,04a	97,71	94,84	91,66	92,65
− 0,05a	98,54	97,03	96,29	95,00
Mittel	90,00	89,12	84,97	86,44

Die zweite Curvenreihe (B) zeigt die gegenseitige Stellung der rechten und linken Raumlage. Zur Erläuterung der Zeichnungen sei noch bemerkt, dass die ausgezogenen Linien den Procentzahlen bei linker, die punctirten den bei rechter Normallage entsprechen; die dicker gezeichneten — den negativen, schwächer gezeichneten — den positiven Abstufungen. In jeder Curve sind bekanntlich nur 5 Punkte (durch 1, 2, 3, 4, 5 gekennzeichnet) experimentell festgestellt, deren Ordinaten die Procentzahlen richtiger Fälle, die Abscissen die hinzugehörigen Abstufungen ausdrücken. Ein Blick auf die Gleichartigkeit und Gleichmässigkeit ihres Verlaufes veranschaulicht, — wenn auch nicht so genau, wie es etwa bei den Präcisionsmassen der Fall ist, — die Richtigkeit der oben angeführten Erörterung.

Um eben etwas nähere Aufschlüsse über den Gang der Empfindlichkeit bei verschiedenen Reizverhältnissen derselben wie verschiedener Normaldistanzen zu erhalten, rechnete ich die den in Tabelle XIV angeführten Procentzahlen zugehörigen Fechner'schen Präcisionsmasse nach der Fundamentaltabelle aus. Die aus derselben gewonnenen Producte $t = \mathbf{hD}$, wie die den Reizdifferenzen entsprechenden Präcisionsmasse $h = \frac{t}{D}$ sind in der unten folgenden Tabelle XVIII A, B, C, D, zusammengestellt, da ich dort die Untersuchung der Constanz der Fechner'schen Werthe im Vergleich mit den Müller'schen an den Zahlen selbst auszuführen beabsichtige. Hier möchte ich nur aus den Fechner'schen Präcisionsmassen durch ein graphisches Verfahren ein anschauliches Bild über die constante Abweichung der r% bei gleichnamigen Abstufungen zu schaffen versuchen.

Sobald die aus den Versuchszahlen gewonnenen Procentsätze dem Gauss'schen Fehlergesetze folgen, so muss sich die mathematische nach dem Fehlergesetze construirte Curve mit der experimentell gefundenen decken [1]). Die Construction der theoretischen Formelcurve macht keine Schwierigkeiten: auf einem rechtwinkligen Coordinatensystem trägt man die allmöglichen Procentsätze der richtigen Urtheile (von 50% bis 100) als Ordinaten, und die zugehörigen t-Werthe, unter Annahme irgend einer Einheit, als Abscissen auf. Da die t bei 50% resp. 100% gleich sind 0 resp. ∞,

1) Vgl. Lorenz. Die Methode der richtigen und falschen Fälle in ihrer Anwendung auf Schallempfindungen. Philosoph. Studien. Bd. II, pag. 417 ff.

so wird die Curve bei grossen r% sich einer zur Abscissenaxe parallelen Geraden nähern.

Könnte man das für jede Reizabstufung D experimentell gefundene % und ihr mittleres t construiren, so wäre auch die experimentelle Curve construirt, und unsere Aufgabe auf diese Weise gelöst.

Bei der Aufstellung der Fundamentaltabelle wurde bekanntlich aus theoretischen Gesichtspuncten das Präcisionsmass bei verschiedenen r% als gleich gross angenommen. Es müsste sich also, unter Anwendung verschiedener Abstufungen bei derselben Distanzgrösse, ungefähr derselbe Werth von h immer ergeben. Und wäre dieser h-Werth bekannt, so könnten wir ziemlich einfach, die verschiedenen hD und die ihnen entsprechenden experimentell gefundenen r% auf demselben Coordinatensystem auftragend, eine Vergleichscurve erhalten. Man überzeugt sich aber gleich, dass die aus den Versuchs-r% berechneten h ganz verschieden ausfallen (Tab. XVIII), und zwar von einem Mittelwerthe, — der etwa der mittleren Reizdifferenz entspricht, — beiderseits divergirend. Wir können mithin das arithmetische Mittel aller h für denjenigen Werth ansehen, der dem wahren am nächsten steht. Die arithmetischen Mittel, oder die mittleren Präcisionsmasse der positiven (h +) wie negativen (h —) Abstufungen sind, wie aus der Tabelle ersichtlich, folgende:

Tabelle XV.

D	50	100	150	200
+ Abst.	0,3017	0,1132	0,0848	0,0418
— Abst.	0,7494	0,3569	0,1914	0,1589
Mittel	0,5256	0,2350	0,1381	0,1003

Multipliciren wir jede untersuchte Reizdifferenz D mit dem entsprechenden mittleren h $\pm$, so erhalten wir eine Reihe experimenteller hD,

Tabelle XVI.

D	50	100	150	200
0,05 a	0,7542	0,5660	0,6360	0,4180
0,04 a	0,6034	0,4528	0,5088	0,3344
0,03 a	0,4525	0,3396	0,3816	0,2508
0,02 a	0,3017	0,2264	0,2544	0,1672
0,01 a	0,1508	0,1132	0,1272	0,0836
— 0,01 a	— 0,3747	— 0,3568	— 0,2871	— 0,3178
— 0,02 a	— 0,7494	— 0,7137	— 0,5742	— 0,6356
— 0,03 a	— 1,1241	— 1,0704	— 0,8613	— 0,9534
— 0,04 a	— 1,4988	— 1,4274	— 1,1484	— 1,2712
— 0,05 a	— 1,8735	— 1,7843	— 1,4355	— 1,5890

die als Abscissen eines Coordinatensystems mit den zugehörigen r% als Ordinaten aufgetragen werden können.

Sollen die Formeln geeignet sein die Versuchsverhältnisse zu repräsentiren, so müssen unbedingt dem oben Erörterten zufolge beide Curven zusammenfallen. Zur Erläuterung der diese Verhältnisse demonstrirenden Tafel II sei hinzugefügt, dass die mathematische aus dem Fehlergesetze resultirende Curve ausgezogen, die experimentell gefundenen punctirt gezeichnet sind.

Die nähere Betrachtung derselben lehrt uns, dass sie nirgends zusammenfallen, wobei die Versuchscurven annähernd regelmässige, bei allen Distanzen wiederkehrende Abweichungen aufweisen.

Fragen wir nach deren Ursachen, so können im Grossen und Ganzen nur zwei in Betracht kommen: entweder ist das Fehlerintegral anwendbar, und eine in den Versuchen selbst liegende Fehlerquelle verhindert die totale Elimination der constanten Fehler, was ich, angesichts des ziemlich gesetzmässigen, bei den positiven und negativen Reizdifferenzen sich entgegengesetzten Verlaufes der Schwankungen, — die mit dem Character des bei der Methode der mittleren Fehler festgestellten constanten Fehlers übereinstimmen, — für das wahrscheinliche halte; oder aber es muss die Anwendbarkeit des Gauss'schen Fehlergesetzes in der Psychophysik als fraglich betrachtet werden, was ja manche Experimentatoren, wie Lorenz behaupten. Die etwa bei anderen Untersuchern entstehende Frage über die richtige Vertheilungsweise der Gleichheitsfälle ist hier durch die Versuchsanordnung ganz ausgeschlossen.

Um die Verhältnisse für die Vergleichung der theoretischen und experimentellen Curven günstiger zu gestalten, versuchte ich von dem Mittelwerthe des Präcisionsmasses diejenigen Fälle, wo die extremen Abweichungen der h sich fanden, ganz auszuschliessen. Zu diesem Zwecke wurden die ziemlich grossen resp. kleinen h, die sich in der Nähe der grössten resp. kleinsten untersuchten Reizabstufungen fanden, ausser Acht gelassen und nur die h aus den drei in der Mitte liegenden h D in Rechnung gezogen. Aber auch dann ergaben sich ähnliche – wenngleich schon schwächere — Abweichungen sowohl der Zahlenreihen, wie der construirten Curven.

Viel günstiger gestaltete sich aber die Sache, als ich zum Zwecke der Elimination des constanten Fehlers, beim graphischen Prüfungsverfahren nicht die den einzelnen Abstufungen hinzugehörigen Präcisionsmasse, sondern die Durchschnittswerthe der gleichnamigen positiven und negativen Reizdifferenzen benutzte. In der

Tabell

	r %				t = hD.			
	50	100	150	200	50	100	150	200
1. Abstuf.	65	63	62	65	272	234	216	27
2. „	76	76	71	68	499	499	391	33
3. „	83	79	79	76	674	570	570	49
4. „	90	88	86	83	906	830	763	67
5. „	94	93	93	87	1099	1043	1043	79
Mittel								

Berücksichtigt man nun beim Vergleiche der so erhaltenen Curven die Thatsachen, dass hier einerseits von den Durchschnitten gleichnamiger posit. und negat. Reizabstufungen Gebrauch gemacht wurde, unter vollständiger Vernachlässigung der, wenn auch sehr geringen Verschiedenheit in den Reizverhältnissen, und dass andererseits eine obere Abweichung bei beschränkter Versuchszahl — in Folge des schnellen Wachsens der t - practisch nicht zu vermeiden ist, so wird man die Uebereinstimmung im Verlaufe der Durchschnittscurven für genügend ansehen können. Die Nichtübereinstimmung der einzelnen früheren Curven lag also einzig und allein an der Existenz desjenigen unter näher zu

folgenden Tabelle XVII sind die auf diese Weise berechneten und zur Construction der Curve nöthigen Daten zusammengestellt: die Durchschnittswerthe r%, die entsprechenden t und h, wie auch die aus den mittleren Präcisionsmassen (h_m) berechneten $h_m D$.

V I I.

$h = \frac{t}{D}$				$h_m D$.			
50	100	150	200	50	100	150	200
440	2340	1425	1360	2380	2175	1934	1850
990	2495	1190	825	4761	4350	3868	3700
448	1881	1254	798	7140	6525	5802	5550
530	2075	1220	842	9520	8700	7736	7400
396	2086	1355	796	11900	10875	9670	9250
761	2175	1289	925				

besprechenden Zeitfehlers, der bei verhältnissgleichen ± Reizdifferenzen verschieden grosse r% verursachte.

Zur Entscheidung der Frage über die Gültigkeit des Weber'schen Gesetzes stehen bekanntlich bei der Methode der richtigen und falschen Fälle die verschiedenen Präcisionsmasse und Schwellenwerthe zur Verfügung. Dieselben sind in all' ihren Auffassungs- und Anwendungsweisen vielfach beschrieben und discutirt worden (Fechner, Müller, Lorenz, Merkel etc.), so dass ein summarischer Ueberblick der in diesen Arbeiten erörterten Gesichtspuncte vollständig genügen wird.

Um die gegenseitige Stellung des Fechnerschen Präcisionsmasses (h) für die Reizdifferenz und der Müller'schen Präcisionsmasse (H und H,) für die einzelnen Reize, resp. ihrer zufälligen Aenderungen zu können, müssen wir uns auf die zwei bekannten Sätze zu stützen suchen, dass 1) der wahrscheinliche Fehler (w) bei der Beurtheilung einer Reizdifferenz gleich ist der Quadratwurzel aus der Quadratsumme der wahrscheinlichen Fehler (W und W,) der einzelnen Reize (a und a,), und dass er 2) umgekehrt proportional dem Präcisionsmasse ist. Es lässt sich demnach die Gleichung $w = \sqrt{W^2 + W_,^2}$ durch $\frac{1}{h} = \sqrt{\frac{1}{H^2} + \frac{1}{H_,^2}}$ ersetzen und aus der letzteren die Abhängigkeit der Präcis. von einander ermitteln, nämlich $h = \frac{HH_,}{\sqrt{H^2 + H_,^2}}$ (I).

Bestimmen wir aus den gewonnenen r% nach der Fundamentaltabelle die zugehörigen Fechner'schen h, so können wir, unter Berücksichtigung der Thatsache, dass der bei Beurtheilung einer Distanzgrösse begangene wahrscheinliche Fehler proportional, die Präcision für ihre Auffassung mithin umgekehrt proportional derselben ist $\left(\frac{a}{a_,} = \frac{H_,}{H}\right)$ (II), leicht die einzelnen Müllerschen Masse berechnen. Aus den letzten 2 Gleichungen lässt sich eben finden, dass: $H = h\sqrt{1 + \left(\frac{a_,}{a}\right)^2}$ und $H_, = h\sqrt{1 + \left(\frac{a}{a_,}\right)^2}$ ist.

Für die Gültigkeit des psychophysischen Grundgesetzes verlangt Fechner bekanntlich die Constanz

von hD für ein verhältnissgleiches D, indem nach der Müllerschen Relation $\frac{a}{a_1} = \frac{H_1}{H}$, die als Folge des Web. Gesetzes [1]) aufgefast werden kann, die Constanz der $aH = a_1H_1 = \ldots$ zu fordern ist.

Ich wähle mithin als Müller'sches Kriterium die Constanz der aH, — wenn auch Müller selbst im Gegensatz zu Fechner das Präcisionsmass für durchaus ungeeignet zu diesem Zwecke hält. Auf die Ermittelung seiner Unterschiedsschwelle muss ich schon aus dem Grunde verzichten, da ihre exacte Bestimmung sich lediglich auf die Anzahl der vorkommenden zweifelhaften und Gleichheitsfälle gründet.

Tabelle XVIII A.

	D	t = hD	h = $\frac{t}{D}$	H	H′	T = aH	w	W	W′
2,5	2,5	0,9060	0,3624	0,5249	0,4987	26,245	1,5568	1,0740	1,1314
2,0	2,0	0,6960	0,3480	0,5011	0,4820	25,055	1,6217	1,1221	1,1705
1,5	1,5	0,4670	0,3113	0,4461	0,4331	22,305	1,8124	1,2651	1,3026
1,0	1,0	0,3210	0,3210	0,4590	0,4851	22,950	1,7570	1,2292	1,1636
0,5	0,5	0,0830	0,1660	0,2357	0,2337	11,785	3,3981	2,3901	2,4148
0									
0,5	— 0,5	— 0,5040	1,0080	1,4213	1,4352	71,065	0,5597	0,3961	0,3933
0,0	— 1,0	— 0,7280	0,7280	1,0192	1,0394	50,960	0,7751	0,5532	0,5430
3,5	— 1,5	— 1,0300	0,6867	0,9549	0,9743	47,745	0,8211	0,5900	0,5781
3,0	— 2,0	— 1,4140	0,7070	0,9867	1,0261	49,335	0,7980	0,5711	0,5500
7,5	— 2,5	— 1,5435	0,6174	0,8515	0,8941	42,575	0,9131	0,6621	0,6311

1) vgl. Merkel. Das psychophys. Grundgesetz in Bezug auf Schallstärken. Philos. Studien IV, pag. 144.

Tabelle XVIII B.

a,	D	t = hD	h = t/D	H	H′	T = aH	w	W	W
105,0	5	0,8850	0,1770	0,2566	0,2441	25,660	3,1864	2,2031	2,31
104,0	4	0,6235	0,1557	0,2232	0,2140	22,320	3,6346	2,5291	2,16
103,0	3	0,3655	0,1204	0,1716	0,1678	17,160	4,7000	3,2982	3,37
102,0	2	0,2790	0,1395	0,2002	0,1960	20,020	4,0285	2,8200	2,87
101,0	1	−0,0265	−0,0265	−0,0369	0,0366	−3,6900	−21,692	14,100	15.9
100									
99,0	−1	−0,5455	0,5455	0,7630	0,7706	76,300	1,0348	0,7392	0,73
98,0	−2	−0,7975	0,3985	0,5572	0,5681	55,720	1,4170	1,0125	0,99
97,0	−3	−0,8580	0,2857	0,3975	0,4089	39,750	1,9789	1,4207	1,37
96,0	−4	−1,1520	0,2880	0,3974	0,4128	39,740	1,9583	1,4206	1,36
95,0	−5	−1,3330	0,2666	0,3657	0,3832	37,570	2,1203	1,5452	1,47

Tabelle XVIII C.

a,	D	t = hD	h = t/D	H	H′	T = aH	w	W	W
157,5	7,5	0,9060	0,1178	0,1711	0,1629	25,665	4,8205	3,3111	3,41
156,0	6,0	0,6220	0,1033	0,1483	0,1423	22,245	5,4757	3,8108	3,90
154,5	4,5	0,4095	0,0901	0,1287	0,1261	19,305	6,2666	4,4062	4,33
153,0	3,0	0,2140	0,0706	0,1008	0,0987	15,120	8,0571	5,6400	5,76
151,5	1,5	0,0630	0,0420	0,0596	0,0584	8,9400	13,427	9,5593	9,76
150									
148,5	−1,5	−0,3920	0,2611	0,3780	0,3838	56,700	2,1609	1,4952	1,47
147,0	−3,0	−0,5795	0,1928	0,2702	0,2754	40,530	2,9375	2,0740	2,07
145,5	−4,5	−0,7800	0,1732	0,2404	0,2472	36,060	3,2607	2,3500	2,28
144,0	−6,0	−0,9775	0,1622	0,2235	0,2319	33,525	3,4814	2,4479	2,44
142,5	−7,5	−1,2625	0,1678	0,2304	0,2415	34,560	3,3778	2,4521	2,34

Tabelle XVIII D.

a	D	t = hD	h = $\frac{t}{D}$	H	H′	T = aH	w	W	W′
210	10	0,5510	0,0551	0,0797	0,0758	15,940	10,254	7,2658	7,5200
208	8	0,4400	0,0550	0,0792	0,0760	15,840	10,254	7,2658	7,5200
206	6	0,2680	0,0445	0,0633	0,0614	12,660	12,818	8,9524	9,1850
204	4	0,1060	0,0265	0,0361	0,0353	7,2200	21,692	15,666	16,114
202	2	0,0555	0,0277	0,0383	0,0379	7,6600	20,888	14,842	15,243
200									
198	— 2	— 0,5420	0,2710	0,3821	0,3859	76,420	2,0888	1,4842	1,4623
196	— 4	— 0,5900	0,1475	0,2058	0,2099	41,160	3,8367	2,7512	2,6985
194	— 6	— 0,7925	0,1315	0,1834	0,1885	36,680	4,3053	3,0819	3,0000
192	— 8	— 1,0255	0,1281	0,1753	0,1820	35,060	4,4062	3,2228	3,0989
190	—10	— 1,1630	0,1163	0,1601	0,1680	32,020	4,8620	3,5250	3,3571

Beim Betrachten der einzelnen Präcisionsmasse erkennt man zunächst: 1) dass das Fechner'sche h bei keiner gegebenen Distanz constant ist, so dass es im Durchschnitte bei den negativen Abstufungen um bedeutendes grösser als bei den positiven ausfällt. 2) Die den kleinsten positiven wie negativen Reizdifferenzen entsprechenden h als Ausgangspuncte angenommen, wird man sagen können, dass mit der Grösse der Vergleichsdistanz auch die h-Werthe zunehmen. Die Werthe der t sind also in jeder Reihe den zugehörigen D nicht proportional. Diese bei den schon citirten Merkel'schen Schallversuchen so schwach hervortretende Inconstanz der h ist viel auffallender bei

Lorenz [1]), und bei den Fechner'schen einhändigen Gewichtsversuchen [2]).

Und wenn Lorenz aus der Inconstanz der h bei verschiedenen Reizdifferenzen desselben Hauptreizes den Schluss über die Unrichtigkeit des Rechnungsprincipes zieht, so kann man ihm nur insofern beistimmen, als er dieses nur aus den Fechner'schen Versuchen schliesst, wo die Reizdifferenz $^4/_{100}$ und $^8/_{100}$ des Normalgewichtes ausmachte. Dass die h in den Lorenz'schen Reihen nicht constant ausfallen, kann schon dadurch erklärt werden, dass die wichtige Forderung, eine im Verhältniss zum Reize kleine Reizdifferenz zu wählen, nicht erfüllt ist. Dass die h bei Fechner, wo verhältnissmässig kleine D gewählt sind, doch nicht mit einander übereinstimmen, rührt aus der unvollständigen Elimination der constanten Fehler in Folge der „Einhändigkeit" der Versuche her — eine Erklärung, welche auch darin eine Stütze findet, dass die zweihändigen Versuche viel stabilere h aufzuweisen vermögen [3]).

Der Widerspruch zwischen Lorenz und Merkel, von denen ersterer die h-Constanz fordert, letzterer nicht, ist nur ein scheinbarer, da sie doch wirklich ganz verschiedene Fragen beantworten: Lorenz nämlich schliesst aus der Inconstanz der h auf die Unrichtigkeit resp. Unanwendbarkeit des Rechnungsverfahrens,

1) Lorenz. Die Methode d. r. u. f. F. Philosoph. Studien, l. c. pag. 428.

2) Fechner. Elemente I, pag. 193 ff.

3) vgl. Fechner. In Sachen des Zeitsinnes etc. Philos. Stud. l. c. pag. 18.

was an und für sich ein durchaus richtiger Schluss ist, sobald die constanten Fehlerquellen (wie Einhändigkeit der Gewichtsversuche, Successivität der Reizeinwirkung etc.) eliminirt, und alle vom Fehlergesetze gestellten Forderungen (z. B. relativ kleine Abstufungen) erfüllt sind. Auch Merkel's Meinung ist richtig, denn er beantwortet nicht die Frage, inwiefern die Constanz der h auf die Anwendung des Gauss'schen Gesetzes zurückschliessen lässt, sondern inwiefern sie zur Gültigkeit des Weber'schen Gesetzes nothwendig sei. Selbstverständlich ist sie nicht nothwendig und theoretisch bei verschiedenen Hauptreizen auch gar nicht denkbar; nur bei verschiedenen kleinen Abstufungen desselben Reizes müssen sie praktisch annähernd gleich gross ausfallen. 3) Betrachten wir endlich die denselben Reizverhältnissen $\frac{a_1}{a}$ zugehörigen Präcisionsmasse h bei verschiedenen Distanzen, so fällt es gleich auf, dass sie mit der wachsenden Distanzgrösse abnehmen. Ganz analoges gilt im Grossen und Ganzen von den Müller'schen H und H_1. Die zu erwartende Constanz der H und ihrer wahrscheinlichen Fehler ist nirgends strict nachzuweisen. Es ist auch die Constanz der aH bei den verschiedenen Distanzen keine durchgehende. Kurz, es ist weder die für die strenge Gültigkeit des Weber'schen Gesetzes nothwendige Constanz der $t = hD$, noch die der $T = aH = a_1H_1$ in den Tabellen zu finden. Uebersichtlicher wird es beim Vereinigen der einzelnen t und T zu Mittelwerthen, wie es die kurze Zusatztabelle XIX demonstrirt.

Tabelle XIX.

a	50	100	150	200
+ t	0,4946	0,4253	0,4429	0,2841
— t	1,0439	0,9372	0,7983	0,8826
t	0,7692	0,6812	0,6206	0,5533
+ T	21,67	16,29	18,25	11,86
— T	52,33	49,82	40,27	44,27
T	37,00	33,12	29,26	28,07

4) Was den mittleren wahrscheinlichen Fehler W′ für die Auffassung der Fehldistanz betrifft, so wächst er mit der Reizstärke, wenn auch nicht proportional. Am meisten Constanz zeigt er eben dort, wo das aH mehr oder weniger constant ist. Aehnliches lässt sich im Allgemeinen auch von den übrigen angeführten wahrscheinlichen Fehlern sagen. 5) Die Abnahme der Müller'schen W und W′ beim Uebergange von positiven zu negativen Abstufungen lässt auf eine genauere Beurtheilung des Normalreizes a zurückschliessen, wenn er mit einem schwächeren, als wenn er mit einem stärkeren — im Vergleich zu a — Fehlreize verglichen wird [1]). 6) Das Sinken des W bei zunehmendem Werthe der positiven Reizdifferenz, und sein umgekehrtes Verhalten bei negativen spricht für die genaueste Auffassung einer gegebenen Reizdifferenz, wenn die grössere Vergleichsdistanz sehr stark, bez. die kleinere sehr wenig von ihr verschieden ist. Die zwei zuletzt erwähnten

1) Analogie s. Merkel. Das psychoph. etc. Phil. Stud. l. c. pag. 149.

Thatsachen machen auf einen constanten Fehler aufmerksam, der etwa die zuerst wahrgenommene Distanz in bestimmter Weise beeinflusst. 7) Der Vergleich der Fechner'schen mit den Müller'schen Präcisionsmassen lässt keineswegs eine so gute Uebereinstimmung bemerken, wie es Fechner bei der Ausrechnung seiner Gewichtsversuche gefunden und in den Revisionen (p. 384) angegeben hat: die H' sind hier fast um die Hälfte grösser als die entsprechenden h. Es ist auch leicht verständlich, wenn wir in der die Relation der Präcisionsmasse repräsentirenden Gleichung $H' = h\sqrt{1 + \left(\frac{a}{a'}\right)^2}$ das a' dem a gleich setzen, was bei den ziemlich kleinen Abstufungen wohl zulässig ist. Es wird dann das $H' = h\sqrt{2} = 1{,}42\ h$ ausfallen, also etwa um die Hälfte grösser als das entsprechende h.

Bevor ich zum Vergleiche der Resultate beider Fehlermethoden übergehe, möge ein Wort über die Grösse und Richtung der bei der Methode der richtigen und falschen Fälle herrschenden constanten Fehler gesagt werden.

Wäre bei gegebenem Reize und gegebener Reizdifferenz die Verschiedenheit der Zeit und Raumverhältnisse ohne irgend welchen Einfluss auf unser Urtheil, so müsste man, ganz abgesehen von der Existenz einer Gesetzmässigkeit in der Empfindungsscala, mit derselben Präcision diese Reizdifferenz immer erkennen, mathematisch ausgedrückt, dasselbe r% und $t = hD$ immer erhalten. Richtiger formulirt, müssten eigentlich die Durchschnitts-t gleich sein, die einzelnen könnten ganz gut innerhalb der zufälligen Fehler schwanken. Liegt

aber ein constanter Fehler vor, so wird, trotz der im Durchschnitte sich gegenseitig aufhebenden variablen Fehler, das t bei auf- bez. absteigendem Verfahren, oder bei rechter bez. linker Raumlage verschieden gross ausfallen, und zwar kann beispielsweise das D bei rechter Normallage, — um auf unsere Versuche zurückzukommen, — als D + c, bei linker als D — c im Durchschnitte erscheinen. Das der rechten Raumlage zugehörige t wird in solchem Falle $= t_r = h\,(D + c)$, das der linken $= t_l = h\,(D - c)$ sein. Die Addition und Subtraction dieser zwei Gleichungen giebt uns die Möglichkeit das unbekannte c zu finden: $c = \frac{t_r - t_l}{t_r + t_l}\,D$. Der Quotient $\frac{C}{D}$ — nennen wir ihn den const. Verhältnissfehler — wird $\frac{C}{D} = \frac{t_r - t_l}{t_r + t_l}$ sein. Nehmen wir als Beispiel den Fall, wo das r % bei rechter und linker Lage gleich ausfällt, so ist in der Gleichung der Quotient $\frac{C}{D} = 0$, d. h. der constante Fehler ist unendlich klein im Vergleich zur Reizdifferenz, es existirt in solchem Falle kein const. Fehler, der das Endresultat beeinflussen sollte.

In analoger Weise können wir den oben schon erwähnten Zeitfehler, der die Verschiedenheit in den % der posit. und negativ. Reizdifferenzen hervorruft, näher ermitteln, indem wir das dem negat. D entsprechende t durch $t_n = h\,(D - c')$, das dem positiv. D durch $t_p = h\,(D + c')$ ausdrücken. Der Verhältnissfehler wird $\frac{C'}{D} = \frac{t_n - t_p}{t_n + t_p}$ sein.

Bei der Ausrechnung dieser zwei Fehlerquellen — von den übrigen sehe ich ab — wurde das Verfahren der sog. unvollständigen Elimination benutzt, indem ich die t_r und t_l aus den für die Durchschnitte der L- und R-Lage in Tab. XIII angeführten r% ausrechnete. Dasselbe gilt für die t_p und t_n, deren r% die Tab. XIV enthält. Die berechneten t wie auch die $\frac{C}{D}$ und $\frac{C'}{D'}$ in Procenten der Distanz ausgedrückt, finden sich in der nun folgenden Tabelle angeführt.

Tabelle XX.

a	t_r	t_l	$\frac{C}{D}$	$100 . \frac{c}{a}$	t_n	t_p	$\frac{C'}{D}$	$100 . \frac{c'}{a}$	$100 . \frac{C + C'}{a}$
50	801	523	0,21	0,63%	906	457	0,34	1,02%	1,65%
100	640	545	0,09	0,27	877	385	0,54	1,52	1,89
150	662	475	0,17	0,51	730	402	0,45	1,35	1,86
200	540	423	0,12	0,36	780	274	0,65	1,95	2,31
Mittel				0,44				1,50	

Sowohl der Raum-, wie Zeitfehler ist bei allen Distanzen positiv ausgefallen, wobei der letztere bedeutend den ersteren übertrifft.

Das Mittel beider Fehler zeigt ein stetiges Anwachsen mit der Distanzgrösse.

V. Vergleich beider Fehlermethoden.

Beim näheren Vergleiche der nach beiden Methoden erhaltenen constanten Fehler erweist sich, dass, trotzdem der allgemeine Gang derselben identisch ist, —

die analoge Schwankung bei 100 uud 150 in beiden Methoden ist wahrscheinlich nur als zufällig aufzufassen —, doch, absolut genommen, sie bei der Methode der richtigen und falschen Fälle kleiner sind als bei der der mittleren Fehler. Das wird uns verständlich, wenn wir einerseits die Grössenverschiedenheit des gebotenen Spielraumes der Abweichungen in Betracht ziehen: dort, bei der passiven Methode der richtigen und falschen Fälle, kann der maximal differirende Vergleichsreiz nur um $^5/_{100}$ des Hauptreizes dies- oder jenseits von demselben abweichen; hier, bei der activen Methode der mittleren Fehler — bedeutend mehr. Andererseits hat die Endlichkeit der Versuchszahl und die aus ihr folgende unvollständige Compensation der zufälligen Fehler einen viel bedeutenderen Einfluss auf das Mittel dort eben, wo der Spielraum der Einzelabweichungen grösser ist. Endlich sind bei der Methode der richtigen und falschen Fälle einzig und allein die von der Raumlage und Zeitfolge bedingten Fehler berücksichtigt worden, indem bei der Methode der mittleren Fehler der constante Fehler als Componente aus mehreren Fehlerquellen betrachtet werden kann. In beiden Fällen lässt jedoch der durchschnittliche constante Verhältnissfehler auf dieselbe Unterschätzung der Fehldistanz — und zwar verschieden bei R. und L. — zurückschliessen.

Bei Gelegenheit sei noch in Bezug auf den constanten Fehler bemerkt, dass bei denjenigen Distanzen, wo ich auch die Abstufung $D = 0$ untersucht hatte, die „grösseren" und „kleineren" Urtheile sich nirgends gleichmässig zu je 50% vertheilten, wie man es etwa theoretisch erwarten könnte, sondern entsprechend dem herrschenden Fehler die Fehldistanz bedeutend öfter

„kleiner“ als „grösser“ beurtheilt wurde. Die Procentzahlen der „grösseren“ Urtheile sind in der Tab. XXI angeführt.

Tabelle XXI.

a	L.	R.	Mittel.
50	12,50	54,10	33,33
100	24,26	40,50	32,38
150	25,01	47,49	36,25
Mittel	20,59	47,36	33,98

Im Durchschnitte der drei Distanzen wurde mithin etwa 34% „grösserer“ Urtheile gefällt. In den übrigen ca. $^2/_3$ der Gesammtzahl ausmachenden Vexirversuchen ist die Fehldistanz unterschätzt worden.

Der Verlauf der Empfindungsmasse ist bei beiden Methoden nicht minder übereinstimmend, als der der constanten Fehler. Die reinen variablen Fehler ergaben bekanntlich ein Wachsen der Empfindlichkeit in sehr schnellem Tempo bis 50 Mm., von welchem Punkte an ein allmählich vor sich gehendes Sinken in Scene trat. Dieselbe Bevorzugung der mittleren, bei den gewöhnlichen Beschäftigungen am meisten in Frage kommenden Distanzen, lässt sich aus den erhaltenen Präcisionsmassen eruiren.

In der folgenden kurzen Tabelle sind die Empfindungsmasse beider Methoden zum Vergleich zusammengestellt.

Tabelle XXII.

a	50	100	150	200
$\frac{\Delta}{a}$	0,0173	0,0188	0,0225	0,0255
$t_m = (hD)_m$	0,0769	0,6812	0,6206	0,5533
$t_m \cdot \frac{\Delta}{a}$	0,00133	0,00128	0,00139	0,00141

Das Product derselben ist bei allen Distanzen fast gleich gross, was für die Uebereinstimmung der Resultate beider Methoden spricht. Und wenn sie sich auch nicht ganz genau in allen Punkten ergiebt, so lässt sich das schon durch die Versuchsanordnung erklären, die jeder Methode eigen ist, durch die verschiedenen Tageszeiten, an welchen die Versuche angestellt wurden, durch die kürzere Dauer einer Versuchsgruppe bei der Methode der mittleren Fehler, durch die Verschiedenheit in der activen und passiven Herstellungsweise der Fehldistanz[1]), durch den stärkeren oder schwächeren Einfluss des Contrastes und der Präsumption beim Urtheilfällen, durch die kürzere oder längere Urtheilsdauer, durch die verschieden starke Abspannung, und noch viele andere mehr oder weniger nennenswerthe, das Resultat beeinflussende Momente.

Ein auf rein theoretische Erwägungen sich stützendes präcises Verfahren zur vergleichenden Prüfung bei-

1) vgl. die von Fechner (Elem. II, 140, 151) angeführte Thatsache, dass beim Hinzuziehen eines Gehilfen zur Application der Zirkel bei seinen Tastsinnversuchen nach der Methode der mittl. Fehler, der constante Fehler des früheren activen Versuchsverfahrens vollständig schwand oder zweideutig wurde.

der Fehlermethoden möge in Betracht gezogen werden, — ein Verfahren, das erstens die Voraussetzung macht, dass die Theorie der Beobachtungsfehler in ihren fundamentalen Puncten zu psychophysischen Zwecken anwendbar ist, und zweitens, dass dasselbe Präcisionsmass des Gauss'schen Integrals in beide Methoden eingeht (was eigentlich schon aus der Definition dieses Masses folgt). Manches über diesen Punct wurde oben bei Betrachtung der Präcisionsmasse und ihrer wahrscheinlicher Fehler gesagt, und ich möchte hier nur einen in Bezug auf diesen Punct von Fechner in den Revisionen ausgesprochenen Satz anführen: „In der That, die Entstehung der Beobachtungsfehler kommt wie die der Einstellungsfehler unserer Methode (der mittleren Fehler) darauf zurück, dass man im Versuch, eine Grösse mit einer, unsere Normalgrösse N vertretenden, gleich herzustellen, endlich auf einen kleinen Unterschied kommt, der, sei es aus äusseren oder inneren Gründen, nicht mehr erkannt wird, also in die Grenzen der Unterschiedsschwelle fällt und den Beobachtungsfehler giebt, der jedoch nicht bezüglich der wirklichen Normalgrösse, die man nicht kennt, sondern bezüglich des Mittels der, in den einzelnen Fällen beobachteten Grössen, welche unsere f (Fehlreize) vertreten, bestimmt wird. Entsprechend ist es mit den reinen Δ's (reine variable Fehler) der Methode der mittleren Fehler. Zwar kennt man hier die Normalgrösse N, doch bestimmt man ebenso wie bei den Beobachtungsfehlern die Δ nicht als Abweichungen vom N, sondern von der das N in dieser Hinsicht vertretenden, mittleren Fehlgrösse, womit nun eben die Δ's den Beobachtungsfehlern ganz vergleichbar werden, und, so bestimmt, nicht nur voraussichtlich,

wie diese dem Gauss'schen Gesetze gehorchen, sondern es nach meinen Beobachtungen wirklich thun."

Substituiren wir demnach dem D in der Fundamentalformel der Methode der richtigen und falschen Fälle das Δ der Methode der mittleren Fehler, so werden wir denjenigen Procentsatz richtiger Fälle ausfindig machen können, welcher bei Beurtheilung zweier Distanzen, deren objective Grösse um den mittleren variablen Fehler differirt, erhalten wird. Dieses r% muss theoretisch, bei völliger Elimination der constanten Fehler, 78,44% ausmachen, da sein $h D = h \cdot \Delta = h \cdot \frac{1}{h\sqrt{\pi}} =$ (s. Berechnung des wahrscheinlichen Fehlers) $= \frac{1}{\sqrt{\pi}} =$ 0,5642 ist.

Wir können selbstverständlich, falls nicht alle constanten Fehler eliminirt sind, auch nicht erwarten, dass r% bei den positiven, wie negativen Reizdifferenzen = 78,44% ausfallen wird, wenn auch das Mittel beider, in entgegengesetztem Sinne vom Fehler beeinflusster Procentsätze dem geforderten sehr nah stehen kann.

Zur Ausrechnung der r% sind in der folgenden Tabelle die nöthigen Zahlen zusammengestellt: die mittleren variablen Fehler, die mittleren Präcisionsmasse und die aus den beiden berechneten $t = h_m \Delta$.

Tabelle XXIII.

a	$\Delta = D.$	h_m.	$t = h_m \Delta$.	r %.	
50	+ 0,87	0,3017	0,2625	64,5	73,35
	— 0,87	0,7494	— 0,6520	82,2	
100	+ 1,88	0,1132	0,2128	61,9	72,50
	— 1,88	0,3568	— 0,6708	82,9	
150	+ 3,38	0,0848	0,2867	65,5	73,75
	— 3,38	0,1914	— 0,6469	82,0	
200	+ 5,11	0,0418	0,2136	62,0	74,75
	— 5,11	0,1589	— 0,8120	87,5	
Mittel					73,62%

Die Abweichungen vom theoretischen r% sind bei allen Distanzen fast gleich: 3—5% weniger richtiger Fälle, als man erwarten sollte. Dass das ganz dem Character des constanten Fehlers und seiner verschieden starken Beeinträchtigung des variablen Fehlers einerseits, der Präcisionsmasse andererseits entspricht, beweisen manche der früheren Tabellen.

Die nach beiden Methoden constatirte Ungültigkeit des Weber'schen Gesetzes, oder — wenn man will — obere und untere Abweichung von demselben hat manche Analogien auf anderen Sinnesgebieten aufzuweisen.

Auf die Analogie mit Chodin's[1]) Versuchen wurde schon bei der Methode der mittleren Fehler aufmerksam gemacht.

1) Ist das Weber-Fechner'sche etc. l. c.

Bei den Untersuchungen von Falk[1]) hat sich ebenso wie bei meinen die Thatsache herausgestellt, dass nämlich die Raumschätzung mit Hülfe von Armbewegungen am sichersten und genauesten bei Strecken stattfindet, die praktisch bei Armbewegungen am meisten in Anwendung kommen. Es muss selbstverständlich, unter Berücksichtigung der verschieden wichtigen Rolle, die bei Orientirung im Raume den Arm- und Augenmuskeln zukommt, hier unter mittleren Distanzen kleinere als dort verstanden werden.

Aus dem Versuchsmateriale von G. E. Müller und Schumann[2]) würde sich auf eine ähnliche stetige Zunahme der relativen Unterschiedsempfindlichkeit mit wachsender Schwere der Gewichte schliessen lassen. Die obere Abweichung scheint, ebenso bei Fechner's Gewichtsversuchen, erst bei ziemlich schweren Gewichten einzutreten.

Denselben Verlauf der Unterschiedsempfindlichkeit auf dem Gebiete der rein intensiven Reize weisen die Versuche von Müller-Lyer[3]) auf. Seine sorgfältigen Untersuchungen über die Netzhautempfindlichkeit in Bezug auf Lichtsinn und Sehschärfe ergaben „nur eine Approximation an das Weber'sche Gesetz in einem gewissen Gebiete mittlerer Beleuchtung."

Die ziemlich weit ausgedehnten Licht- und Farbensinnversuche von König und Brodhun[4]) zeigen ein

1) Versuche über die Raumschätzung mit Hülfe von Armbewegungen. Dissert. Dorpat 1890, pag. 43.

2) Die psychologische Grundlage der Vergleichung gehobener Gewichte. Pflüger's Archiv für ges. Physiolog. Bd. XLV, pag. 37 ff.

3) Experiment. Untersuchungen zur Amblyopiefrage. Archiv für Anat. u. Physiol. 1887, pag. 44 ff.

4) Sitzungsbericht d. Berliner Akademie. 1888, pag. 917.

Minimum der Empfindlichkeit an den Grenzen, ein Maximum von mehr oder weniger constantem Betrage bei den mittleren Reizen.

Die Ergebnisse der Merkel'schen[1]) nach mehreren Methoden angestellten Lichtsinnversuche stimmen in Bezug auf diesen Punct mit den oben erwähnten annähernd überein, wenn es ihm auch die obere Abweichung nicht zu erreichen gelang.

Seine ziemlich umfangreichen Drucksinnversuche[1]) bei denen der störende Einfluss des Armgewichtes eliminirt wurde, zeigen sowohl eine obere (über 2000 Gr.), wie untere (unter 200 Gr.) Abweichung der Unterschiedsschwellen (c) der Methode der eben merklichen Unterschiede.

Auch die untere Abweichung bei seinen Schallversuchen[1]) wäre zu notiren, wenn sie auch Merkel in erster Linie auf die störend einwirkenden schwachen Geräusche zurückführt, welche bei Ausführung der Versuche unvermeidlich hervorgerufen werden.

In den ausführlichen Versuchsreihen Lorenz's[2]) über Schallstärken, wie in den neuesten Zeitsinnversuchen von Ejner[3]) scheinen die eben merklichen Verhältnissschwellen der Schallreize $\left(\frac{r^0}{r}\right)$, wie die relativen variablen Fehler der Zeitstrecken mit einmaliger Reproduction $\left(\frac{t}{F}\right)$ analogen Verlauf zu zeigen.

1) Die Abhängigkeit zwischen Reiz und Empfindung. Philos. Stud. IV, pag. 541 ff., V, 255 ff., V, 515 ff.

2) Die Methode der r. u. f. F. Philos. Stud. II, pag. 473. Tab. XXI.

3) Experimentelle Studien etc. Dissert. Dorpat, pag. 19. Tab. A.

Auch das so vielfach untersuchte Gebiet des Raumsinnes des Ohres scheint mir in dieser Hinsicht keine Ausnahme zu machen. Es zeigte sich nämlich bei den Versuchen von Münsterberg[1]), dass mit der Grösse des Verschiebungswinkels einer Schallquelle auf einem horizontalen Kreise von 0° an, — wobei 0° gerade vorn war, — die absoluten Werthe der eben merklichen Verschiebungen, an der Peripherie des Kreises gemessen, von 0° bis 90° zunahmen, von 90° bis 157° fast constant blieben. Dieses plötzliche Anwachsen der Empfindlichkeit für Schalllocalisationen an einer bestimmten Stelle der Reizscala ist die weite Analogie, auf welche ich hinweisen wollte. Selbstverständlich, wenn wir die Münsterberg'sche Theorie der reflectorischen Muskelspannungen und die an dieselbe sich knüpfende Vorstellung über die Thatsache der Unterschiedsschwelle und die psychophysische Grundlage des Weber'schen Gesetzes acceptiren, wird diese Analogie viel näher an die oben angeführten treten. Auch die Ursache der Empfindlichkeitssteigerung bei Schallreizen, die sich seitlich hinten (90°—157°) finden, würde man von analogem Gesichtspuncte wie oben erklären können.

Die Schallverschiebungen seitlich hinten rufen doch reflectorisch Muskelspannungen im Kopfe hervor, die von uns am besten eingeübt sind, da sie die gewöhnlichsten, alltäglichsten sind: die betreffenden wirklichen Kopfbewegungsempfindungen bez. die zum Schalle hinzuassociirten Erinnerungsbilder einer früher vollzogenen Bewegung sind an dieser Stelle am subtilsten, wahrscheinlich aus dem Grunde, weil hier fast aus-

1) Beiträge zur experim. Psychol. Heft II, pag. 220, Tab. I.

schliesslich der Raumsinn des Ohres — d. h. die Fähigkeit akustische Wahrnehmungen zu localisiren — zu Gebote steht. Bei Winkelverschiebungen der Schallquelle links oder rechts vorn kann doch der Gesichtsinn viel häufiger und leichter controllirend eintreten und die von den Bogengängen reflectorisch hervorgerufenen Kopf- und Halsmuskelspannungen ganz hemmen, oder denselben eine untergeordnetere biologische Rolle zuschreiben. Selbstverständlich würde diese Erklärung nur für Individuen gelten, bei denen der Gesichtsinn von Geburt an die wichtigste Rolle spielte, nicht aber für Blindgeborene, bei denen die Empfindlichkeit für Schalllocalisationen möglicherweise überall dieselbe ist, da sie keinen ihrer Gehörseindrücke zur Correction in den Gesichtsraum einzutragen verstehen.

Für eine gewisse mittlere Gegend der Reizstärke — sagt Ebbinghaus[1]) bei der Besprechung der König-Brodhun'schen Lichtsinnversuche — ist der relative Reizunterschied, der gerade eben eine Empfindung der Verschiedenheit hervorruft, ein Minimum, und von dieser mittleren Gegend aus nimmt er nach beiden Seiten, also sowohl für absolut stärkere, wie für absolut schwächere Reize, in unverkennbarer Regelmässigkeit zu. Wirklich genau constant scheint es nirgends zu sein.

Dieser Satz scheint, — wie ich zu zeigen versuchte, — für die meisten Sinnesgebiete Gültigkeit zu haben.

1) Ueber die Abweichung vom Weber'schen Gesetze bei Lichtempfindung. Pflügers Archiv XLV, 1889, pag. 114.

VI. Methode der eben merklichen Unterschiede.

Specielle Versuche nach dieser Methode sind von mir keine angestellt worden. Da aber die Methode der richtigen und falschen Fälle mit dem Principe der Minimaländerung combinirt war, so versuchte ich direct die Grösse der Unterschiedsschwelle aus denselben Versuchsreihen zu gewinnen, aus welchen die Präcisionsmasse gewonnen waren.

Wir können weder die absolute noch die Unterschiedsschwelle als constante, fest bestimmte Grössen betrachten, sie sind vielmehr in jedem Zeitmomente von unserem Bewusstseinszustande abhängig. Dass ihre Grösse eine Function der Aufmerksamkeit, Uebung, Adaptation, Ermüdung etc. ist, wird sich wohl schwerlich leugnen lassen. Mit Recht sagt daher Boas[1]), der die Frage über den Einfluss der Aufmerksamkeit studirte: „In jedem Zeitmomente kann nämlich nur eine bestimmte endliche Menge psychischer Arbeit geleistet werden. Offenbar muss nun dort eine Unterschiedsschwelle liegen, wo die zur Fällung des Urtheils über die Grössendifferenz nöthige Arbeit gleich der gesammten, hierauf verwendbaren psychischen Arbeit ist. Ist der Geist gleichzeitig mit anderer Thätigkeit beschäftigt, so ist dieselbe geringer und mithin der Schwellenwerth grösser. Am kleinsten wird der Schwellenwerth werden, wenn die gesammte Aufmerksamkeit auf die Fällung dieses Urtheils concentrirt wird."

1) Ueber eine neue Form des Gesetzes der Unterschiedsschwelle. Pflügers Archiv XXVI, pag. 493 ff.

Und nur bei der Annahme, dass wir nicht einen Schwellenpunct, sondern ein Schwellengebiet, und zwar ein ziemlich geräumiges, von einer Menge äusserer und innerer zufälliger Ursachen in seiner Grösse beeinflusstes und modificirtes haben, — werden uns derartige Erfahrungen verständlich, dass gelegentlich einmal eine kleine Differenz besser erkannt wird, als unmittelbar kurz vorher eine viel grössere.

Stellen wir uns nun vor, dass keine zufälligen Fehlervorgänge die Wahrnehmung der wirklichen Reize störend beeinflussen, dass wir also nur das empfinden, was objectiv gegeben ist, so werden wir vielleicht auch in solchem Falle — auf Grund vieler bis jetzt feststehender Thatsachen — eine Unterschiedsschwelle anerkennen müssen, wo die Reizdifferenz einen constanten eben merklichen Empfindungsunterschied hervorruft. Lässt man aber nun die bei psychophysischen Experimenten unvermeidlichen Fehlerquellen in Scene treten, so verschiebt sich gleichzeitig die Lage des theoretischen Schwellenpunctes ganz erheblich, und es entsteht statt des Punctes ein ziemlich labiles Schwellengebiet, in welchem auch sog. zweifelhafte Fälle auftauchen, — Fälle, wo die bemerkte Reizdifferenz nicht genauer, als „verschieden" beurtheilt werden kann, — indem doch das Gebiet der Gleichheitsfälle psychologisch allein schon durch die Natur der Reizeinwirkung — zeitlich-räumliche Incoincidenz der Reize — bedingt sein kann.

Die zweifelhaften Fälle dürfen durchaus nicht in dem Sinne aufgefasst werden, dass der Unterschied der Reize, nicht aber die Richtung desselben erkannt wird. Solch' ein Fall ist schwer denkbar. Man könnte sich zwar vorstellen, dass beispielsweise der kleinere Ver-

gleichsreiz in einem und demselben Momente der Schätzung (practisch gedachtes Moment) uns grösser und kleiner als der Normalreiz zu sein scheint. Aber auch das ist wenig plausibel: es müsste in solchem Falle der Vergleichsreiz im Momente der Wahrnehmung mehr als um das ganze ± Schwellengebiet durch die zufälligen Fehlervorgänge hin und her geschoben werden. Wahrscheinlich ist aber die Auffassung, dass der zweifelhafte Fall solch' einer ist, bei welchem die Reizdifferenz durch ununterbrochen vor sich gehende Aufmerksamkeitsschwankungen hintereinander vom Gebiete des merklichen in das des unmerklichen und umgekehrt versetzt wird.

Wir schätzen mithin „zweifelhaft" nicht dann, wenn wir die Unterschiedsrichtung verkennen, oder wenn die schon oberhalb der Unterschiedsschwelle sich befindende Reizdifferenz uns noch „unklar" ist, sondern wenn sie im Momente der Schätzung in- und ausserhalb des Schwellengebietes fällt, wenn wir sozusagen zu gleicher Zeit: „gleich und gross", oder „gleich und klein", nicht aber: „klein und gross", oder „gleich und ungleich" schätzen würden.

Zum Vorkommen von zweifelhaften Fällen sind wahrscheinlich ebenso nothwendig die inneren zufälligen Fehlervorgänge, wie zum Vorkommen der Gleichheitsfälle — die Unterschiedsschwelle.

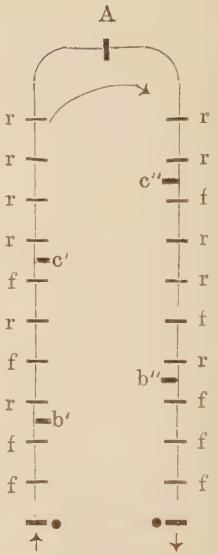
Es liegt deshalb sehr nah anzunehmen, dass all' die zweifelhaften Urtheile, bei wo möglichem Ausschluss der störenden Momente, sich in richtige umwandeln. Das Problem der Vertheilung der zweifelhaften Fälle zwischen den richtigen und falschen würde sich auf diese Weise ziemlich einfach lösen lassen. Die nahe liegende Annahme ist aber keineswegs so selbstver-

ständlich, wie es a priori vielleicht scheinen mag. Manche analoge Erfahrungen sprechen sogar entschieden dagegen, z. B. die von Fechner constatirte Thatsache, dass diejenigen Versuche, bei denen er dem Urtheilfällen keine Ueberlegungen vorausgehen liess, viel brauchbarer sich erwiesen, — was man doch eigentlich von vornherein eher für unwahrscheinlich halten sollte. Es ist auch in unserem Falle ähnliches denkbar, wo die, ein zweifelhaftes Urtheil hervorrufende Reizdifferenz durch starke Aufmerksamkeitsanspannung und vielleicht nachträglich momentan erfolgende Erschlaffung derselben, nicht richtig, sondern falsch erkannt wird. In der Regel gilt aber der von Boas festgestellte Thatbestand, dass bei Steigerung der Aufmerksamkeit die Zahl der zweifelhaften Fälle im Durchschnitte sinkt.

Auf die Bestimmung des Unterschiedsschwellenwerthes zurückkommend müssen wir uns klarlegen, was unter demselben bei den Reihen der Methode der richtigen und falschen Fälle zu verstehen ist. Wir könnten als Punct, der der Grösse der Unterschiedsschwelle entspricht — beim aufsteigenden Versuchstypus — den ersten richtigen Fall aufzeichnen, resp. denjenigen, dem bloss richtige Fälle folgen, wo also das übermerkliche Gebiet anfängt. Beim absteigenden Verfahren werden wiederum die eben unmerkliche Reizdifferenz (= wo die stetige Reihe der richtigen Fälle aufhört), wie die eben merkliche (= der letzte richtige Fall), als dem Schwellenpunct entsprechende fungiren können.

Dass es bei meinen Versuchen, wo noch constante Fehler vorherrschen, von grosser Bedeutung ist, welchen Punct wir wählen, soll die folgende typische, bei den zur Uebung angestellten Versuchen erhaltene Zahlenreihe

demonstriren. Die Normaldistanz 200 wurde nach und nach mit der um 1 Mm. stufenweise anwachsenden Fehldistanz verglichen; nachdem der Vergleichsreiz einen deutlich merklichen Reizunterschied von 10 Mm. erreicht hatte, wurde ganz derselbe Weg absteigend zurückgelegt.



Da die richtigen (r) Schätzungen nicht an bestimmten Stellen abbrechen, so sind hier bei der Schwellenbestimmung mehrere Combinationen möglich, und zwar kann die obere Unterschiedsschwelle, — wie aus dem Schema ersichtlich, — gleich gesetzt werden:

$\frac{1}{2}$ (b′ + b″) = 3,0; $\frac{1}{2}$ (c′ + c″) = 7,5;

$\frac{1}{2}$ (b′ + c″) = 5,5; $\frac{1}{2}$ (b″ + c′) = 5,0 Mm.

also Werthe, die sogar mehr als um das Doppelte von einander differiren.

Das $\frac{b' + b''}{2}$ repräsentirt mithin in unserem Halbkreisschema diejenige Stelle, wo das Schwellengebiet, $\frac{c' + c''}{2}$ — wo das „Zweifelhaftsgebiet“ aufhört. Ich nenne es so, da in demselben die Urtheile zwischen > und < schwanken. Bei Versuchen mit zweifelhaften und Gleichheitsfällen würden wahrscheinlich im ersten Gebiete nur f und g vorkommen; im zweiten — hauptsächlich die z resp. g und r alternirend vertreten sein; oberhalb desselben würden empirisch nur r vorkommen. Selbstverständlich kann in manchen einzelnen Reihen, — wo die

Aufmerksamkeit ad maximum gesteigert wird, — das Zweifelhaftsgebiet ganz zusammenschrumpfen. Bei ideal gesteigerter Aufmerksamkeit wird mithin wahrscheinlich das $\frac{b' + b''}{2} = \frac{c' + c''}{2}$ ausfallen.

Aus der Schilderung Wundt's, dessen Verfahren die Bedingungen der Vollständigkeit dadurch erfüllt, dass es — nach Fechner's Ausdruck — Zweisinnigkeit mit Zweiseitigkeit verbindet, lässt sich schliessen, dass er zur Bestimmung der Schwelle das $\frac{b' + c''}{2}$ benutzt, da er bekanntlich den Vergleichsreiz nach Müller bis zum eben merklichen vergrössert (= b'), und dann einen deutlich übermerklichen Reiz (= A) so lange verkleinert, bis er gleich dem Hauptreize erscheint (= c'').

In einer Abhandlung von Tischer[1]), dessen Schallversuche nach der Methode der Minimaländerungen angestellt sind, finden wir, dass die Unterschiedsschwelle nicht durch Mittelziehung zwischen Ueber- und Untermerklichkeit gewonnen wird, sondern durch das Mittel zweier eben unmerklich gewordener Reizdifferenzen $\left(= \frac{c' + c''}{2}\right)$. „Dabei wurde einmal H (die Höhe, aus welcher eine Kugel fiel) so klein gemacht, dass der Schall der kleinen Kugel übermerklich schwächer war als der andere, und allmählich bis auf den Werth H' vergrössert, wo beide Schalle gleich stark erschienen; darauf wurde H so gross genommen, dass der zugehörige Schall übermerklich stärker war als der der grossen Kugel und allmählich bis auf den Werth

1) Ueber die Unterscheidung von Schallstärken. Philos. Stud. I, pag. 499.

H″ herabgedrückt, wo wieder beide Schallstärken keinen Unterschied mehr zeigten. Der Mittelwerth $\frac{H' + H''}{2}$ wurde als diejenige Höhe angenommen ....“ Aehnliche Verschiedenheiten in der Schwellenbestimmung würden sich noch bei anderen Untersuchern finden lassen. Desto verwickelter wird also die Frage hier, wo wir mit einer sog. Fehlermethode zu thun haben.

Wenn auch der Durchschnitt zwischen dem eben merklichen und eben unmerklichen Reizunterschiede $\left(\frac{b' + c''}{2}\right)$ dem Richtigen am nächsten steht, so bestimmte ich doch für die obere und untere Schwelle überall die einzelnen $\frac{b' + b''}{2}$ und $\frac{c' + c''}{2}$, deren Mittel eine ziemlich brauchbare Schwelle geben muss. Die den Unterschiedsschwellen entsprechenden Reizverhältnisse sind in der folgenden Tabelle angeführt.

Tabelle XXIV.

a	50	100	150	200
V_o'	1,0231	1,0248	1,0243	1,0275
V_u'	1,0109	1,0124	1,0152	1,0157
V′	1,0170	1,0186	1,0198	1,0216
V_o''	1,0328	1,0341	1,0355	1,0389
V_u''	1,0188	1,0199	1,0213	1,0265
V″	1,0258	1,0270	1,0282	1,0327
V_o	1,0279	1,0294	1,0299	1,0332
V	1,0149	1,0162	1,0182	1,0211
V	1,0214	1,0228	1,0240	1,0272

Auf die Details derselben gehe ich schon aus dem Grunde nicht ein, dass auf die Gruppe der Schwellenwerthe $\frac{c' + c''}{2}$ kein grosser Werth gelegt werden kann: es ergaben nämlich in den Versuchen die grössten Reizabstufungen ($\pm 0{,}05a$) beiderseits im Durchschnitte nicht 100% sondern ca. 90% richtiger Fälle, was doch keineswegs als ein deutlich übermerklicher Punct betrachtet werden darf. In solchen Fällen wurden als c die letzten Abstufungswerthe gewählt.

Beim Vergleiche der „kleinen" Verhältnisschwellen (V'_o V'_u V') mit den „grossen" (V''_o V''_u V'') erkennt man ein Wachsen derselben mit der wachsenden Distanz, wobei die grossen $\left(\text{aus } \frac{c' + c''}{2}\right)$ um Bedeutendes die kleinen $\left(\text{aus } \frac{b' + b''}{2}\right)$ übertreffen.

Die grossen Verhältnisschwellen würden voraussichtlich bei ganz vorschriftsmässigem Versuchsverfahren noch grösser ausfallen, und zwar bei grösseren Distanzen nicht nur absolut, sondern auch relativ grösser (die r% sind nämlich bei denselben am geringsten).

Die „mittleren" Schwellen (V_o V_u V) zeigen kaum eine strenge Gültigkeit des Weber'schen Gesetzes. Ihr Verlauf erinnert ganz an den oben bei den Präcisionsmassen und mittlern variablen Fehlern erwähnten.

Welchen Procentsatz würde die Unterschiedsschwelle ergeben, falls man sie als Reizdifferenz bei dem entsprechenden Normalreize wählen sollte?

Ich versuchte diese Frage weder an den grossen (V''), noch an den mittleren Verhältnisschwellen (V) zu prüfen, da dieselben, wie gesagt, nicht diejenige

Grössen besitzen, welche zur genauen Beantwortung der Frage erforderlich wären. Viel mehr eignet sich schon die kleine Schwelle (V'), wo das Unterschiedsschwellengebiet aufhört und das Zweifelhaftsgebiet anfängt, da bei mir bekanntlich das $\frac{b' + b''}{b}$ sich genauer als $\frac{c' + c''}{2}$ bestimmen liess.

Die Multiplication der absoluten Werthe der kleinen Unterschiedsschwellen in die mittleren h (s. Tab. XVII) der Distanzen: 50, 100, 150, 200 ergab t-Werthe: 0,4046—0,4037—0,3741—0,3974, den folgende r-Werthe entsprechen: 71,5—71,4—70,2—70,9, im Durchschnitte ca. 71,1 % mit einer mittleren Abweichung von 0,45 %.

VII. Die constanten Fehler.

Es bleibt noch beim Abschluss der besprochenen Methoden die Frage übrig: woher stammen die in unseren Versuchen offenbar eine grosse Rolle spielenden constanten Fehler und welcher Natur sind sie?

Rufen mir dieselben ins Gedächtniss zurück, so bestanden sie, kurz gefasst, darin, dass in der Methode der richtigen und falschen Fälle 1) mehr richtiger Fälle bei negativen als bei gleich grossen positiven Reizdifferenzen erhalten wurde, d. h. die Vergleichsdistanz wurde viel richtiger geschätzt, wenn sie kleiner als die Hauptdistanz war, und dass 2) bei linker Raumlage der Normaldistanz dieser Vorzug der negativen Reizdifferenzen am ausgesprochensten war (s. Tab. XIII). Bei der Methode der mittleren Fehler ein ganz analoges Verhalten, das sich darin äusserte, dass die Vergleichsdistanzen

überall grösser als die entsprechenden Hauptdistanzen, die rechtsliegenden grösser als die linksliegenden ausfielen (s. Tab. V).

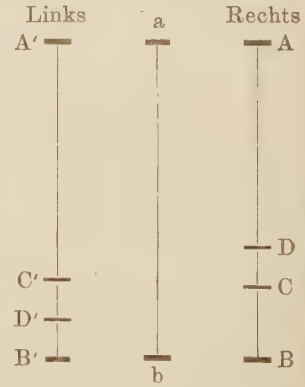
Es ist leicht ersichtlich, dass man unbedingt an getrennte ursächliche Momente, die diese beiden Fehler hervorrufen, denken muss. Es würde nicht genügen bloss die Ursachen der R- und L-abweichungen eruiren zu können, um auch für die Unterschiede in den positiven und negativen Abstufungen eine genügende Erklärung zu finden.

Einen constanten durch die Versuchsmethode selbst hervorgerufenen Fehler wüsste ich nicht anzugeben: die Vertheilung der Versuchsreihen und -Gruppen zwischen rechter und linker Raumlage, ab- und aufsteigendem Typus war so eingerichtet, dass man etwa nur an eine unvollständige Compensation von Zufälligkeiten, nicht aber an eine constante Fehlerquelle denken könnte.

Als die nächstliegenden Ursachen des Fehlers dürfte man eher die Umstände beanspruchen: 1) dass, obwohl es sich hier um sog. simultane Reize handelt, doch die Successivität in Erwägung gezogen werden muss, da ich ausnahmslos die Betrachtung der Hauptdistanz der der Vergleichsdistanz vorangehen liess, und 2) dass die Untersuchung — bei fixirtem Kopfe — nur monocular ausgeführt wurde. Der Einfluss des erwähnten, durch die Successivität der Reizeinwirkung bedingten Zeitfehlers, muss sich darin äussern, dass er die vorangehende, d. h. die zuerst betrachtete Distanz in der Reproduction verlängert erscheinen lässt und auf diese Weise den constant positiven Fehler der Methode der mittleren Fehler resp. das Ueberwiegen des Procentsatzes richtiger

Urtheile bei $a' < a$ der Methode der richtigen und falschen Fälle hervorruft[1]). Diese Fehlerquelle würde mithin die Vergleichsdistanz im Verhältniss zur Hauptdistanz stets in derselben Richtung beeinflussen. Nicht so verhält sich die Sache bei dem durch die Einäugigkeit hervorgerufenen Raumfehler. Derselbe zwingt — wie aus den Versuchsreihen ersichtlich — zur Annahme, dass beim Vergleiche zweier Distanzen die dem untersuchenden Auge homonome unterschätzt wird; die rechtsliegende Vergleichslinie würde, — da die Experimente mit dem rechten Auge angestellt waren, — stets kleiner erscheinen, als sie in Wirklichkeit ist, und sie müsste deshalb (bei der Methode der mittleren Fehler) einerseits objectiv bedeutend vergrössert, andererseits unbedeutend verkleinert werden, um einen gleich merklichen Unterschied von der constanten linksliegenden Hauptlinie zu geben.

Um die combinirte Wirkung beider Fehlerquellen bei der Methode der richtigen und falschen Fälle an einem Beispiele verständlich zu machen, stelle man sich den Fall vor, dass zwei zu vergleichende gleich grosse Linien **ab** und **AB** gegeben sind: die Normaldistanz **ab** links, die Fehldistanz **AB** rechts. Der Zeitfehler lässt, wie gesagt,



1) vgl. analoge Unterschätzung des zuzweit gehobenen Gewichtes in Folge des Zeitfehlers bei Fechner (Elem. I, 115 ff.), und bei Müller und Schumann. (Die psychol. Grundlage etc. Pflügers Archiv für ges. Anatom. und Phys. XLV, pag. 94.)

die vorangehende Normaldistanz subjectiv grösser erscheinen, oder, was auf dasselbe herauskommt, verkleinert die Vergleichsdistanz AB, z. B. um BC. Es tritt nun der Raumfehler in Scene, welcher die dem Auge homonome Seite verkleinert, also die durch den Zeitfehler schon genügend verkleinerte rechtsliegende Vergleichsdistanz nochmals verkleinert, beispielsweise um CD. Die rechte Distanz scheint mithin gleich zu sein: AB = AB — BC — CD = AD.

Betrachten wir den zweiten Fall, wo die Vergleichslinie A′B′ = **ab** sich links befindet. Derselbe Zeitfehler lässt die Linie A′B′ um das B′C′ (= BC) kleiner erscheinen, der hinzukommende Raumfehler äussert hier seine Wirkung in entgegengesetztem Sinne, indem er die Vergleichsdistanz um C′D′ (= CD) vergrössert. Die linke Fehldistanz scheint mithin gleich zu sein: A′B′ = A′B′ — B′C′ + C′D′ = A′D′.

Das BD der rechten Linie AB muss deshalb bedeutend vergrössert werden, um merklich grösser als **ab** zu erscheinen, da viel vom Zuwachse auf die Compensation des constanten Fehlers BD verloren geht. Bei A′D′ ist das in viel geringerem Masse der Fall, da der constante Fehler B′D′ ziemlich klein ist.

Dass der Zeitfehler BC der Grösse nach wirklich den Raumfehler CD übertrifft, hat uns die Ausrechnung der Fehler bei der Methode der richtigen und falschen Fälle (Tab. XX) gezeigt. Auch der constante reine Raumfehler, den ich aus den Reihen der Methode der mittleren Fehler ausrechnete, erwies sich überall kleiner als der nachbleibende, der — wie erwähnt — als Componente mehrerer anderer, ohne bestimmte darauf hin gerichtete Versuchsanordnung, kaum eruir-

barer Fehlerquellen zu betrachten ist (beispielsweise: Einfluss der Präoccupation, des Contrastes, der Grösse des zurückgelegten Weges und der Bewegungsgeschwindigkeit der Schieber bei der Einstellung einer Fehldistanz u. m. A.).

Könnte der Raumfehler ungestört in seiner Wirkung hervortreten, so müsste er verschiedene Vorzeichen für rechts und links aufweisen. „In einzelnen Fällen — sagt Münsterberg [1]), dessen Versuchsmaterial in Bezug auf die constanten Fehlerquellen mit meinem unvergleichbar ist, — wo offenbar andere Bedingungen eine Ueberschätzung der Normaldistanz mit sich brachten, konnten die Fehler sowohl rechts, wie links positiv werden, der Unterschied zwischen beiden blieb aber auch dann unverhältnissmässig hoch und hatte dieselbe Richtung (= rechte Fehldistanz grösser als linke)." Dieser Fall, der bei M. — wie aus seinen Tab. XVI—XX zu ersehen — nur bei successiver Vergleichung eintritt, ist in meinen Reihen überall zu constatiren.

Durch die Vermuthung, das rechte Auge unterschätze die homonome Seite, soll keineswegs gemeint sein, dass die Netzhaut bez. ihre beiden Hälften an und für sich bestimmte, diese Phänomene bei extensiven Reizen verursachende Eigenschaften besitzen. A priori wäre es nicht zurückzuweisen. Ein Einfluss der Anordnung der lichtpercipirenden Elemente auf die Empfindlichkeit wäre ganz gut denkbar: aus teleologischen Gründen wäre sogar wünschenswerth ein Vorzug derjenigen Netzhauthälften, auf denen sich hauptsächlich die Gesichtsbilder beim Sehen in der

1) Beiträge zur experim. Psychol. II, pag. 167.

Nähe projiciren. Es wäre eine nicht minder nützliche Einrichtung des menschlichen Auges, wie es etwa für das indirecte Sehen die grössere Empfindlichkeit der Netzhautperipherie vor dem Centrum in Bezug auf Wahrnehmung schneller Bewegungen, oder der Vorzug der temporalen vor der nasalen Hälfte in Bezug auf Lichtintensitäten ist. In Wirklichkeit aber scheint unsere Extensitätsschätzung eine reine Intensitätsschätzung zu sein: der constante Fehler scheint weniger an den Eigenschaften der Retina zu liegen, als vielmehr oder ausschliesslich an dem Bewegungsapparate des Augapfels direct, oder möglicherweise indirect, indem wir, — wie Münsterberg will, — gewohnt sind beim Lesen und Schreiben die Augen sehr leicht von links nach rechts zu bewegen. Selbstverständlich könnten nur Versuche an Individuen, bei denen solche Gewohnheit ausgeschlossen, oder in entgegengesetztem Sinne ausgebildet ist, über die Richtigkeit speciell dieser Annahme Aufschluss geben.

Uebrigens, wenn auch manche Thatsachen die oben erwähnte Wirkung unseres Raumfehlers wahrscheinlich machen, so liegen wiederum andere vor, aus denen man auf eine ganz umgekehrte schliessen könnte. So hat beispielsweise die von Volkmann ausgeführte Messung der Augenmuskeln ergeben, dass die recti externi und interni bei fast gleicher Länge 40,6 und 40,8 Mm. abweichende Querschnitte von 16,73 und 17,39 Quadrat-Mm. aufweisen. Die Vertheilung der Muskelkräfte am Augapfel soll sich mithin bei monocularem Vergleiche zweier gleich grosser Linien so gestalten[1]),

1) Wundt. Physiolog. Psychologie. B. II, pag. 122.

dass der externus als weniger dicker Muskel einer stärkeren Innervationsenergie bedarf als der internus, um eine gleich grosse Excursion zu Stande zu bringen. Dieser stärkere Innervationsimpuls des Aussenwenders ruft also in unserem Bewusstsein eine grössere Bewegungs- bez. Spannungsempfindung hervor, ein Gefühl der grösseren Anstrengung beim Aussenwenden, des Ueberwiegens der nach aussen gelagerten Linie.

Es liegt die Annahme gar nicht fern, — falls wir wirklich dieser Dickendifferenz der Muskeln eine Rolle bei der Grössenschätzung zuschreiben wollten, — dass die bei der ophthalmologischen Untersuchung meiner Augen festgestellte Insufficienz des Internus einen constanten Fehler hineinbringen konnte. Der insufficiente Innenwender würde dann, caeteris paribus, einer grösseren Innervationsenergie bedürfen als der äussere, um dasselbe zu leisten[1]). Bei einer Mitwirkung dieses constanten Fehlers könnte ganz gut die Wundt'sche Annahme über die Muskelwirkung bei monocularem Sehen für meine Resultate aufrecht erhalten bleiben. Es müsste dann nur vorausgesetzt werden, dass die der normal stärkeren Innervation des externus antagonistisch wirkende Insufficienz ihr nicht nur das Gleichgewicht hält, sondern in compensirendem Einflusse sogar übertrifft.

Dass die Schätzungsgenauigkeit in der That bedeutend von den Augenmuskelbewegungen beeinflusst wird, konnten mich die wenigen nur provisorisch bei kleinen Distanzen angestellten Versuche mit dem rechten unbeweglichen Auge überzeugen. Sowohl der constante,

1) vgl. Helmholtz. Handbuch der physiolog. Optik, pag. 599 ff.

wie variable Fehler behielten den regelmässigen, bei beweglichem Auge festgestellten Verlauf nicht mehr bei. Die Gesetzmässigkeit im Verlaufe der Fehler wird also wahrscheinlich auf einem analogen Verlauf in der Muskelbewegungsempfindung beruhen. Fällt die letztere, wie es bei fixirtem Auge geschieht[1]) aus, oder, was wahrscheinlicher ist, wird die entsprechende Muskelbewegungsempfindung ohne eine thatsächlich erfolgende Bewegung der mit ihr eng verbundenen Lichtempfindung reflectorisch hinzuassociirt, so genügt das Erinnerungsbild der früher vollzogenen Bewegung zur Genauigkeit der Schätzung durchaus nicht in dem Masse, wie die directe Bewegungswahrnehmung.

Der mittlere variable Fehler zeigt in der That bei fixirtem Auge viel grössere Werthe. So machte er bei den Distanzen 20, 30, 40, 50 Mm. etwa: 4, 15—4, 03—3, 90—4,78% der Distanzen aus. Im Durchschnitte: 4,21% mit einer mittleren Abweichung, die $^1/_{15}$ des variablen Fehlers betrug.

Bei annähernd gleichen Bedingungen fand Münsterberg im Durchschnitte für die Distanzen 10 bis 80 Mm. einen variablen Fehler = 4,9 % mit einer mittleren Abweichung, die über $^1/_3$ des variablen Fehlers ausmachte. Seine ziemlich grossen, bei fixirtem Sehen bis über $^1/_2$ des variablen Fehlers ausmachenden mittleren Abweichungen sind wohl dadurch zu erklären, dass die einzelnen Werthe stark von einander differiren:

---

1) vgl. G. E. Müller. Zur Grundlegung der Psychophysik. pag. 326.

Münsterberg. Beiträge z. exp. Psychol. II, 144 ff.

Külpe. Die Lehre vom Willen in der neueren Psychologie. Philos. Stud. V, pag. 399.

er setzte nämlich die Versuche bis 80 Mm. fort, wo der blinde Fleck schon sehr störend (Verschwommensein der Lienienendpunkte) wirken konnte.

VIII. Versuche mit Gleichheitsfällen.

Dass das Zulassen der bei meinen Versuchen ganz ausgeschlossenen Gleichheits- oder Nullfälle eine grosse Erleichterung bei der Beurtheilung zweier Reize bietet, unterliegt keinem Zweifel. Zweifelhaft aber — wenigstens unbewiesen — ist die Richtigkeit dieser oder jener Vertheilungsweise der Nullfälle zwischen den richtigen und falschen Fällen, mit welchen das Gauss'sche Fehlergesetz ausschliesslich operirt.

Auf die Verwerthung der zweifelhaften Fälle (z) gehe ich hier nicht näher ein, da es mir bei den Versuchen nirgends gelang sie streng von den Gleichheitsfällen zu isoliren. Wo sie aber vorhanden sind, dort sollten sie,— da die ihnen entsprechenden Reizdifferenzen, wie aus der oben angeführten Vorstellung über ihre Natur hervorgeht, ebenso häufig in- als ausserhalb des Unterschiedsschwellengebietes fallen, — zu gleichen Theilen den Gleichheits- und Ungleichheitsurtheilen zugezählt werden. Wie wir diese letztere Hälfte (z) zwischen den richtigen und falschen Fällen zu vertheilen hätten, könnte ich keine bestimmte Meinung aussprechen.

Die nächstliegenden Verwerthungsweisen der reinen Gleichheitsfälle (g) sind folgende: 1) Proportionale Theilung der g zwischen den richtigen und falschen Fällen. 2) Princip des Ausschlusses der g beim Urtheil-

fällen (Jastrow). 3) Princip der Gleichtheilung der g bei der Annahme ungleicher Partialschwellen[1]) (Fechner). 4) Princip der ungleichen g-Vertheilung bei der Annahme einer Gleichheit der Partialschwellen (Müller).

Die nähere Besprechung mancher der Vertheilungsweisen findet sich in den Revisionen. Ich möchte daher nur weniges über die zwei zuletzt erwähnten Principien sagen, da von denselben bis jetzt hauptsächlich Gebrauch gemacht wurde. Nebenbei soll bemerkt werden, dass die Frage über die Vertheilungsweise keineswegs eine rein theoretische ist: mit der Verschiedenheit des Theilungsprincipes sind eng verbunden die Ausdrücke sowohl für die Präcisionsmasse, wie für die Unterschiedsschwellen.

Durch die Kritik Müller's veranlasst, führte Fechner mehrere aprioristische, mathematische, empirische und rein praktische Gründe an, die in Uebereinstimmung den Vorzug seiner gleichmässigen Vertheilung vor der Müller'schen illustriren sollten. Ich unterlasse auf dieselben näher einzugehen, und führe nur den leicht zu beweisenden und anscheinend ziemlich überzeugenden mathematischen Grund an, weshalb die ungleichmässige g-Vertheilung als fraglich angesehen werden muss. Haben wir beispielsweise in einer grossen Versuchsreihe von n Schätzungen r, f, g, — richtige, falsche und Nullfälle — und bezeichnen wir die für:

1) Das Intervall der scheinbaren Reizunterschiede, welche für die Empfindung als Null erscheinen, — i. e. die Totalschwelle — theilt sich in eine Abtheilung positiver und eine negativer Differenzen, welche nicht empfunden werden, und die von Fechner als positive und negative Partialschwelle bezeichnet worden sind.

$\frac{r+\frac{g}{2}}{n}$, $\frac{r}{n}$, $\frac{r+g}{n}$ aus der Fundamentaltabelle berechneten t-Werthe durch t_o t_r t_{rr}, die Schwelle durch S und den Reizunterschied durch D, so wird bekanntlich die Fechner'sche Formel für die Unterschiedsschwelle $S_F = \frac{t_{rr} - t_r}{2t_o} D$, die Müller'sche $S_M = \frac{t_{rr} - t_r}{t_{rr} + t_r} D$ lauten. Bei einem extremen Falle, wo $\frac{r}{n} = \frac{1}{2}$, wird das hinzugehörige $t_r = 0$, das $S_F = \frac{t_{rr}}{2t_o} D$, $S_M = D$ sein. Die Unterschiedsschwelle wird mithin nach Müller in solch' einem speciellen Fall der gegebenen Reizdifferenz gleich.

Die Schwelle kann also einem constanten D gleich ausfallen schon unter der Bedingung, dass die Zahl der richtigen Fälle 50 % der Gesammtzahl beträgt, und ganz unabhängig davon, wieviel falsche und wieviel Nullfälle sich finden. Dass dies nicht gleichgültig für die Grösse der Unterschiedsschwelle ist, welche ja ihrer Definition nach von den g auch bestimmt wird, wird sich weiterhin zeigen lassen (s. unten). Und je mehr sich das r dem Werthe 50 % nähert, desto mehr kommt der angeführte Umstand in Betracht, da von der Grösse der Unterschiedsschwelle diejenige der Unterschiedsempfindlichkeit unmittelbar abhängt.

Um eben den fraglichen Voraussetzungen, die jedem Principe innewohnen, zu entgehen, benutzte ich — wie erwähnt — das unter Princip 2) angeführte Verfahren, indem der Psyche die Ausschaltung der g, resp. ihre Vertheilung zwischen den richtigen und falschen Fällen überlassen wurde. Dass dieses Princip sich ziemlich

gut anwenden lässt, wenn auch nicht alle Reizunterschiede mit derselben Sicherheit (the confidence[1]) beurtheilt werden, muss ich aus der beim Experimentiren gewonnenen Erfahrung schliessen.

Bei all' den angeführten Gesichtspuncten war es auch sehr wünschenswerth sich experimentell zu überzeugen, welches Theilungsprincip das richtigste ist, d. h. welche theoretische Vertheilungsweise der Gleichheitsfälle dem practischen „natürlichen" Ausschlusse gleich kommt, oder am nächsten steht.

Zu diesem Zwecke stellte ich, nachdem die Versuchsgruppen für die Distanz 100 Mm. (ohne g) zu Ende waren, ähnliche Gruppen aus derselben Versuchzahl an, bei denen aber g zugelassen wurden. Die übrigen Bedingungen blieben im Grossen und Ganzen dieselben. Die erhaltenen Gleichheitsfälle vertheilte ich dann das eine Mal proportional zwischen den gleichzeitig gefundenen richtigen und falschen Fällen, mithin $r'_P = r + \frac{r.g}{r + f}$, das andere Mal nach dem Fechnerschen Principe gleichmässig, mithin $r'_F = r + \frac{g}{2}$. Das eine oder andere der ausgerechneten r' muss, falls dieses oder jenes Princip Anspruch auf Richtigkeit machen sollte, genau mit dem in den früheren Versuchen — beim natürlichen g-Ausschluss — direct erhaltenen r übereinstimmen, nb. bei der gleich grossen Versuchszahl.

---

1) vgl. Jastrow. A critique of psycho-physic methods. American. Journal of Psychology. Vol. I, No. 2, pag. 302 ff.

vgl. Peirce u. Jastrow. On small differences of sensation. National Academy of Sciences. Vol. III, 1884.

Da die r′ nach beiden Principien mit dem experimentellen r % nicht übereinstimmten, so glaubte ich mir den Vorwurf machen zu dürfen, die Verschiedenheit der Resultate sei etwa dadurch bedingt, dass die beiden Versuchsreihen zeitlich von einander weit lagen, und die Aufmerksamkeit- resp. Uebungsverhältnisse ganz verschiedene sein konnten. Ich beschloss daher, um diesen Vorwürfen zu entgehen, die Distanz 150 Mm. nach denselben Hauptprincipien gleichzeitig einer Untersuchung zu unterwerfen. Ich richtete es daher so ein, dass jeden Tag dieselbe Versuchszahl mit und ohne Gleichheitsschätzung ausgeführt wurde. Jeder aus 4 Reihen (à 22 Schätzungen) bestehenden Versuchsgruppe mit Gleichheitsfällen folgte eine ganz analoge ohne dieselben, und umgekehrt. Was die übrigen Zeit- und und Raumverhältnisse betrifft, so blieb alles wie bei der Methode der richtigen und falschen Fälle angegeben wurde. Aber auch hier bei 150, wo die oben geltend gemachten Vorwürfe nicht in Betracht gezogen werden können, habe ich eine ähnliche r′-Reihe erhalten, so dass dieses schwerlich dem Zufalle allein zuzuschreiben wäre.

Für jede Abstufung ist nach jedem Hauptprincip 480 Versuche, also im Ganzen zur Entscheidung der Frage über die Nullfälle: 2.2.11.480 = 21120 Einzelbestimmungen ausgeführt worden.

Die aus den Versuchen unmittelbar gewonnenen absoluten Zahlen finden sich in der Tab. XXV angegeben, und zwar sind in dem ersten Hauptfalle I (= ohne g) nur die richtigen, im zweiten II (= mit g) auch die Gleichheitsfälle notirt. Die Zahl der falschen Fälle lässt sich aus der Gesammtzahl 480 leicht berechnen.

Tabelle XXV.

D	a = 100			a = 150		
	I	II		I	II	
	r	r	g	r	r	g
0,05 a	427	440	31	432	415	39
0,04 a	391	412	53	389	371	58
0,03 a	336	337	105	345	324	88
0,02 a	314	284	126	297	266	105
0,01 a	232	207	187	257	192	153
0	156 >	61 >	220	174 >	109 >	147
−0,01 a	375	292	132	341	277	112
−0,02 a	421	363	87	381	342	83
−0,03 a	427	416	49	414	397	48
−0,04 a	456	438	38	440	433	30
−0,05 a	467	461	17	461	450	20

Werden die g der Rubrik II nach den erwähnten Principien vertheilt und die Zahlen in Procenten der Gesammtsumme ausgedrückt, so sind die drei Procentsätze richtiger Fälle direct vergleichbar: r% — bei natürlichem experimentellem g-Ausschluss; r_F — nach Fechners gleichmässiger, r_P — nach proportionaler Vertheilung der Gleichheitsfälle.

Tabelle XXVI.

D	a = 100			a = 150		
	r	r_F	r_P	r	r_F	r_P
0,05 a	89,43	94,89	97,98	90,00	90,63	93,96
0,04 a	81,09	91,35	94,28	81,05	83,75	88,13
0,03 a	69,25	81,14	89,87	71,88	76,88	82,71
0,02 a	65,31	72,33	80,97	61,88	66,46	70,42
0,01 a	48,44	62,60	71,28	53,55	56,05	57,92
0	32,38>	35,62>	27,68>	36,25>	38,13>	33,33>
—0,01 a	77,96	74,58	83,99	71,05	69,59	74,79
—0,02 a	87,03	87,68	92,22	79,38	80,00	85,84
—0,03 a	88,74	91,77	96,47	86,25	87,88	92,09
—0,04 a	94,84	95,20	99,09	91,67	93,33	96,25
—0,05 a	97,03	97,81	99,57	96,05	96,05	97,92
Mittel	75,65	80,45	84,86	74,45	76,25	79,72

In der mittleren Horizontalreihe, wo die Zahlen für die Reizdifferenz D = O angeführt sind, habe ich diejenigen Fälle notirt, wo die Vergleichsdistanz grösser (>) geschätzt wurde. Das war deshalb nothwendig, da man bei a' = a als richtig nur die Gleichheitsfälle, als falsch alle übrigen ansehen müsste. Uebrigens ist diese Aenderung in der Bezeichnung noch insofern vortheilhaft, dass sie uns gleich eine Vorstellung giebt über die auch bei diesen Versuchen vorliegende Unterschätzung der Vergleichsdistanz: denn bei zwei gleich grossen Distanzen ist die Fehldistanz auf 480 Mal nur 156 resp. 174 Mal „grösser" beurtheilt worden (s. Tab. XXV).

Gehen wir jetzt zu der oben angestellten Frage

über: welche r mit einander am besten übereinstimmen, so werden wir auf die Zahlen recurrirend schliessen, dass die r_P ausnahmslos die entsprechenden r_F übertreffen, und die letzteren grösser als die reinen r sind. Im Durchschnitte beider Distanzen sind: r = 75,05 r_F = 78,35 r_P = 82,29.

Dass die einzelnen, wie auch die Mittelwerthe der r bei 150 kleiner als die entsprechenden bei 100 sind, würde sich leicht durch die bei allen Methoden constatirte Abnahme der Unterschiedsempfindlichkeit erklären lassen. Dass die r_P grösser ausfallen als die r_F, war auch einigermassen vorauszusehen, da bei der proportionalen Vertheilung der Gleichheitsfälle immer mehr von denselben zu den richtigen Fällen hinzugerechnet wird als bei der gleichmässigen: die Zahl der richtigen Fälle liegt nämlich bei Abstufungen, die die Unterschiedsschwelle übertreffen, im Durchschnitte oberhalb 50% (nb. bei Elimination constanter Fehler). Bemerkenswerth ist nur, dass das bei Ausschluss der g erhaltene r kleiner als die beiden übrigen ist.

Man hätte, angesichts dieses Resultates desto mehr das Recht die Frage über die richtige g-Vertheilung als unentschieden zu betrachten, wobei aber dem Fechner'schen Princip, als dem dem richtigen am nächsten stehenden, der Vorzug vor dem proportionalen gegeben werden müsste.

Für die Müller'sche Vertheilungsweise, die im Grossen und Ganzen zu Versuchsergebnissen führt, welche practisch von den Fechner'schen geringe Unterschiede aufweisen [1]), habe ich die ziemlich complicirte

1) Vgl. Nörrs Schallversuche. Zeitschrift für Biologie XV, pag. 297 ff.
Fechner. Revisionen, pag. 368.

Ausrechnung der r′ und f′ unterlassen. Uebrigens ist auch seine Vertheilungsweise — wie aus dem oben angeführten mathematischem Beweise ersichtlich — weniger berechtigt als die Fechner'sche.

Wie, fragen wir nun, ist die Thatsache zu erklären, dass in dem Falle, wo der Psyche der Ausschluss der Gleichheitsfälle geboten wird, im Durchschnitte eine ungenauere Schätzung sich herausstellt, als wenn wir für die Eliminirung der schon gewonnenen g sorgen? Sollte dass etwa an dem psychisch verschiedenen Zustande, in dem wir uns bei Versuchen mit und ohne g befinden, oder an einer unmittelbar von demselben abhängigen Präocupation liegen, die im zweiten Falle uns häufiger richtig zu schätzen zwingt; oder ist der Grund vielleicht darin zu suchen, dass die Vertheilungsweise der g selbst falsch ist, bez. ein herrschender constanter Fehler das Resultat in verschiedener Weise bei beiden Versuchsarten beeinflusst?

Dass der psychiche Zustand -- trotz genau derselben äusseren Versuchsbedingungen — doch verschieden sein muss bei Versuchen, wo wir gezwungen sind immer eine Differenz zwischen zwei zu vergleichenden Grössen herauszufinden, und solchen, wo uns durch die Gleichheitsfälle ein Ausweg geboten ist, liegt auf der Hand. Dieser Ausweg kann besonders verhängnissvoll werden, sobald er zur geringeren Inanspruchnahme der Aufmerksamkeit Veranlassung giebt. Und wenn man speciell die Zahl der zweifelhaften Fälle als Kriterium der Aufmerksamkeitsanspannung beanspruchen wollte, so möchte ich durchaus bezweifeln, ob man überhaupt eine strenge Grenze zwischen den zweifelhaften nnd Gleichheitsfällen überall — wie es Boas meint — herauszu-

finden im Stande ist, wenn auch die ersteren psychologisch anders begründet sein mögen als die letzteren.

Hat endlich das wissentliche oder halbwissentliche Schätzen im Allgemeinen wenig Einfluss auf das Urtheilfällen dort, wo wir nur mit richtigen und falschen Fällen zu thun haben, so wird es doch in dem Falle, wo ihm durch die g-Urtheile ein freier Ausweg geschaffen ist, von demselben wissentlich gar nicht selten Gebrauch machen. Es ist aber wahrscheinlich, dass die Präoccupation in dem Sinne einwirken wird, dass wir unwillkürlich eher ein wissentlich falsches als ein wissentlich richtiges Urtheil in die Gruppe der Gleichheitsfälle hinüberzuwerfen geneigt sein werden. Ist aber der Uebergang zwischen den richtigen und falschen Fällen durch die g-Urtheile nicht erleichtert, so wird auch der Präoccupation ein viel engerer Spielraum geboten sein.

Auf die Versuchsergebnisse zurückkommend, müssen wir uns sagen: sollte wirklich die Zahl der g einigermassen als Kriterium der verwendeten Aufmerksamkeit, oder allgemeiner des bei den Versuchen herrschenden psychischen Zustandes gelten können, so müsste sie bei den Distanzen 100 und 150 verschieden gross ausfallen, da, wie oben erwähnt, die Versuchsanordnung bei denselben insofern verschieden war, dass bei 100 die Schätzungen mit g nach Beendigung derjenigen ohne g ausgeführt wurden, bei 150 — gleichzeitig nach beiden Principien, und zwar gruppenweise alternirend. Die Tendenz immer einen Unterschied in den zum Vergleiche dargebotenen Distanzen zu finden müsste mithin ihren Einfluss — bei den Versuchen mit Gleichheitsfällen — in bedeutend stärkerem Masse auf 150 als 100 ausüben.

Diese Neigung zur Einschränkung der g-Zahl, welche ich oben als ein Zeichen gesteigerter Aufmerksamkeit aufgefasst habe, hat auch in der That eine absolut, wie relativ geringere Zahl von Gleichheitsfällen bei 150 als bei 100 verursacht, — obwohl man doch bei 150, wo die Unterschiedsempfindlichkeit an und für sich geringer als bei 100 ist, eine grössere Zahl von g erwarten sollte. Die Werthe für r, f, g, sind bei 100 und 150: r = 76,1—72,2%, f = 6,7—12,5%, g = 17,2—15,3%.

Für die Thatsache, dass durch die Versuchsanordnung bei 150 annähernd derselbe psychische Zustand in beiden Fällen herbeigeführt wurde, spricht endlich auch die bessere Uebereinstimmung seiner r_F und r_f mit r, als es bei 100 der Fall ist.

Endlich, da die Präoccupation — der Voraussetzung nach — häufig g-Urtheile auf Kosten der falschen bildet, so muss unbedingt bei Vertheilung derselben ein grösseres r' entstehen, als es der Wirklichkeit entspricht. Andererseits ist aber zu erwarten, dass diese Wirkung häufig dort eintreten wird, wo die Schätzung durch irgend eine constante Ursache verhältnissmässig falsch wird: bei den positiven Abstufungen, wo die objectiv grössere Distanz kleiner zu sein schien (s. oben), müsste nun von der Anwendung der Gleichheitsurtheile häufiger Gebrauch gemacht werden, als bei den negativen. Die Betrachtung der Zahlen bestätigt auch diese Vermuthung: so war bei $a' > a$, wo die Zahl der richtigen Fälle bei 100 resp. 150 im Durchschnitte 1680 resp. 1568 betrug, die g-Zahl = 502 resp. 443; stieg die r-Zahl bei $a' < a$, auf 1970 resp. 1899, so sank die g-Zahl relativ stark auf: 323 resp. 331. Als Mittel für

beide Distanzen beträgt das g in Procenten der Gesammtzahl ausgedrückt, 19,9% resp. 12,8% bei den positiven resp. negativen Reizdifferenzen.

Ist mithin die Nichtübereinstimmung der durchschnittlichen r, r_F, r_P wirklich dadurch hauptsächlich bedingt, dass wir bei der Vertheilung der g viele derselben, die eigentlich als f aufzufassen wären, den r zuzählen, so muss dieses störende Moment weniger bei den — als + Abstufungen in Betracht kommen, und die Uebereinstimmung der r_F und r_P mit r bei den ersteren viel besser sein als bei den letzteren.

Auch das ist in der That der Fall, wie die folgende Tabelle demonstrirt.

Tabelle XXVII.

a	+ Abstuf.			— Abstuf.		
	r	r_F	r_P	r	r_F	r_P
100	70,70	80,46	86,87	89,12	89,40	94,27
150	71,67	74,75	78,63	84,98	85,37	89,38
Mittel	71,18	77,60	82,75	87,05	87,38	91,82

Die Uebereinstimmung der einzelnen r_F mit r ist bei den negativen Abstufungen beider Distanzen eine durchaus befriedigende.

Je geringer mithin die Präoccupation ist, — sei sie selbstständig, oder durch eine constante Fehlerquelle bedingt, — desto besser stimmt der natürliche Ausschluss der Gleichheitsfälle mit der Fechner'schen gleichmässigen Vertheilung überein.

Gleichzeitig angestellte Versuche mit den 4 möglichen Bedingungsvariationen (wissentliches und unwissentliches Verfahren mit und ohne Ausschluss der Nullfälle) würden am geeignetsten sein, um einerseits den verschiedenen Einfluss der Präoccupation zahlenmässig in den verschiedenen Fällen feststellen zu können, andererseits um endgültig einen richtigen Anhaltspunct zur zweckmässigen Vertheilung der Gleichheitsfälle zu gewinnen.

Eine ungefähre Vorstellung über das Zusammenwirken der einzelnen Fehlerquellen liefert uns die folgende Tabelle, in der neben dem procentischen Ausdruck der Gleichheitsfälle (gewonnen nur aus den 6 kleineren positiven und negativen Abstufungen, wo die g-Zahl ziemlich bedeutend ist) diejenige Vertheilungsweise derselben angeführt ist, die r' und f', gleich den beim natürlichen g-Ausschlusse erhaltenen r und f, liefert.

Tabelle XXVIII.

	100	150	100		150	
	g%	g%	zu r	zu f	zu r	zu f
+	29,0	23,9	12,4	87,6	31,9	68,1
−	18,6	16,9	50,7	49,3	46,5	53,5

1) Die g-Tendenz ist in Folge der Versuchsanordnung grösser bei 100 als 150, 2) dieselbe ist in Folge der durch den constanten Zeitfehler gesteigerten Präoccupation grösser bei positiven, als negativen Reizdifferenzen, 3) wo beide die g-Tendenz steigernde Factoren zusammentreffen, dort ist das zu den r zuzurech-

nende g% das kleinste, d. h. dort sind viele g in Wirklichkeit als f aufzufassen.

„Nach allem diesem — sagt Wundt[1]) im Schluss seiner Betrachtung der psychophysischen Methoden — ist wohl die oben ausgesprochene Behauptung nicht ungerechtfertigt, dass die Methode der richtigen und falschen Fälle noch eine eingehendere Prüfung erfordert. Es könnte leicht sein, dass der wahre Werth der Methode weniger in ihrer Verwerthung für die Untersuchung des Empfindungsmasses, als in den Ergebnissen liegt, zu denen sie durch verschiedenartige Veränderungen in der Form ihrer Anwendung führen kann und denen manche Aufschlüsse über die Eigenschaften der Aufmerksamkeit und über die Natur der bei derselben in Betracht kommenden psychologischen Schätzungsfehler zu entnehmen sein werden."

Ein paar kurze Bemerkungen mögen noch auf manche Thatsachen, die zur Verständniss des Characters des g beitragen können, aufmerksam machen.

Da sich ca. 1000 Gleichheitsfälle bei jeder untersuchten Distanz ansammelten, so versuchte ich dieselben als Material zur Bestimmung eines mittleren variablen Fehlers zu benutzen. Ich theilte die 1045 Gleichheitsfälle der Distanz 100 in 3 Fractionen aus je 4 aufeinander folgenden Tagen. Jede derselben wurde zur Bestimmung des mittleren variablen Fehlers gebraucht, um einerseits aus dem Gange derselben eine Vorstellung zu gewinnen, inwiefern mit der Zahl der Gleichheitsfälle die Empfindlichkeit schwankt, andererseits etwas

1) Wundt. Ueber psychologische Methoden. Philos. Stud. I, pag. 18.

Näheres über den Einfluss der Uebung auf die Zahl der g zu ermitteln.

Tabelle XXIX.

	g			Δ		
	L	R	Mittel	L	R	Mittel.
Gruppe I	170	168	338	1,80%	1,52%	1,66%
„ II	190	182	372	1,84	1,77	1,80
„ III	162	173	335	1,63	1,65	1,64
a = 100. Mittel	522	523	1045	1,75	1,64	1,70
a = 150. „	483	481	962	—	—	2,01

Im Allgemeinen zeigt der variable Fehler Δ wenig Schwankungen; im Mittel ist er am grössten bei der zweiten Gruppe, wo auch die Zahl der Gleichheitsfälle am grössten ist. Man könnte daraus, — falls es nicht zufällig ist, — die Schlussfolgerung machen, die Genauigkeit der Schätzung sei geringer, wo bei derselben gesammten Versuchszahl nach der Methode der richtigen und falschen Fälle mehr Gleichheitsfälle vorkommen.

Was die Uebung anbelangt, so ist sie, — wie es sich aus denselben 4-tägigen Gruppen zu erkennen giebt, — auf das Zahlenverhältniss der g von minimalem Einfluss, also analog ihrem schon oben constatirten Einflusse auf die Zahl der richtigen und falschen Fälle.

Ist mithin anzunehmen, dass der Aufmerksamkeitszustand in unseren Versuchen das Zahlenverhältniss der Gleichheits- und Ungleichheitsfälle stark, die Ue-

bung ganz unbedeutend zu beeinflussen vermögen, so liegt die Frage nah, wie sich eigentlich in Bezug auf die g-Zahl die constanten Fehler verhalten. Ihr Einfluss auf das Verhältniss der richtigen und falschen Fälle war bekanntlich in allen Versuchsreihen streng nachzuweisen.

Dass der constante Zeitfehler nur mittelbar die g-Zahl beeinflusst, indem er bei geringerer Aufmerksamkeit der Präoccupation den Wirkungskreis ebnet, wurde schon erwähnt. Unmittelbar hat er auf denselben anscheinend keinen Einfluss, d. h. es ist denkbar, dass bei ganz unwissentlichem Verfahren die Zahl der g bei den positiven wie negativen Abstufungen dieselbe wäre, wenn auch die richtigen und falschen Urtheile in beiden Fällen verschieden ausfallen sollten.

Dass die g dem Einflusse des Raumfehlers ganz entzogen sind, beweisen schon die ganz unregelmässigen Schwankungen in den einzelnen Fractionen für R. und L. (s. Tab. XXIX); es vertheilten sich endlich die Gleichheitsfälle fast gleichmässig zwischen beiden Seiten: 523—522 resp. 481—483 für die Distanzen 100 resp. 150.

Kommen wir noch kurz auf den Zusammenhang des hier gefundenen mittleren variablen Fehlers mit dem der reinen Methode der mittleren Fehler zurück, so zeigt sich, dass sie einander ziemlich nahe stehen. Derselbe betrug dort (Tab. IX) bei 100 resp. 150 (im Durchschnitte der Januar- und Septemberversuche): 1,79 resp. 1,98%, hier: 1,70 resp. 2,01% der Normaldistanz. Es wird wohl mit Recht die Schlussfolgerung aus diesen Zahlen gemacht werden dürfen, dass die Activität resp. Passivität des Versuchsobjectes bei der Einstellung der Fehl-

distanz von keinem bedeutenden Einflusse auf die Grösse des variablen Fehlers ist.

Von dem mittleren constanten Fehler würde sich das durchaus nicht behaupten lassen: er fiel hier bedeutend kleiner als dort aus, wenn er auch überall sein positives Vorzeichen behalten hatte. Ueber die möglichen Ursachen solcher Verschiedenheit wurde schon beim Vergleich der Resultate nach beiden Fehlermethoden das Nöthige erwähnt.

Die hier ausgerechneten mittleren variablen Fehler würden, als Unterschiedsabstufungen bei a = 100 resp. 150 gewählt, die Zahlen: 74,94 resp. 73,13 % (im Durchschnitte 74,04) ergeben, — also Werthe, die dem theoretisch geforderten 78,44 nahe stehen, und mit den nach der reinen Methode der mittl. Fehler erhaltenen 73,62 fast genau übereinstimmen. Es sei bemerkt, dass die Substitution der absoluten Werthe der Δ in den r_F-Reihen (Tab. XXIII) geschah, also in denjenigen Versuchsreihen, aus welchen die variablen Fehler selbst gewonnen sind, — was die Resultate ziemlich gut vergleichbar macht. Ich sorgte gleichzeitig für die Elimination des constanten Fehlers, indem ich die Durchschnittsprocente aus den gleichnamigen positiven und negativen Reizdifferenzen zur Bestimmung des Präcisionsmasses benutzte.

Die berechneten t und h sollen absichtlich in einer Tabelle angeführt werden, als Beitrag zum Streite zwischen Fechner und Lorenz über die Anwendbarkeit des Gauss'schen Gesetzes und die Constanz der Präcisionsmasse.

Tabelle XXX.

a	100		150	
	t = hD	h	t = hD	h
1. Abst.	0,3420	0,3420	0,2280	0,1520
2. „	0,5951	0,2975	0,4381	0,1460
3. „	0,7161	0,2387	0,6572	0,1461
4. „	1,0580	0,2645	0,8504	0,1417
5. „	1,2692	0,2538	0,0613	0,1415
Mittel	0,7960	0,2793	0,6468	0,1455

Die h der von beiden Experimentatoren näher discutirten Gewichts- und Schallreihen weisen bedeutende Schwankungen auf. Zur strengen Constanz der h sind aber, — wie schon erwähnt, — eine vollständige Elimination der constanten Fehler, wie auch ziemlich kleine Reizdifferenzen erforderlich. Wo diese Bedingungen mehr oder weniger erfüllt sind, dort zeigen auch die Präcisionsmasse bei gleichmässiger g-Vertheilung eine ziemliche Constanz (Tab. XXX).

Dass die beiden aus dem Versuchsmateriale mit Gleichheitsfällen gewonnenen Empfindungsmasse: das mittlere t und mittlere Δ — denselben relativen Werth aufweisen, lässt sich aus ihrem Verhältnisse schliessen. Die Empfindlichkeit bei der Distanz 150 verhält sich zu der bei 100, wie 1 : 1,22 (aus den t berechnet), resp. wie 1 : 1,19 (aus den Δ berechnet) — eine Uebereinstimmung, die durchaus befriedigend ist.

Zum Schluss dieses Kapitels ein Wort zur Frage über die gegenseitige Stellung der nach der Methode

der richtigen und falschen Fälle berechneten Fechner'schen und Müller'schen Unterschiedsschwellen. Die Ausrechnung derselben war in allen meinen Reihen ohne g nicht durchführbar, da die Formeln für die Unterschiedsschwellen unbedingt Gleichheitsfälle voraussetzen.

Müller hält bekanntlich die Schwelle der Methode der eben merklichen Unterschiede für identisch mit der der richtigen und falschen Fälle. Sollte diese Annahme richtig sein, so muss ihrer Voraussetzung gemäss die unmittelbar gewonnene Unterschiedsschwelle, als Reizdifferenz bei der Methode der richtigen und falschen Fälle verwendet, ein $r = 50\,\%$ ergeben.

Fechner hält im Gegensatze zu Müller weder die Identität der nach beiden erwähnten Methoden berechneten Schwellen für zwingend noch das Zusammentreffen beider Bedingungen: $D = S$; $r = 50\,\%$ für wahrscheinlich.

Wundt stellt seinerseits, auf die Müller'schen Formeln gestützt, das Princip auf, die Reizdifferenz bei der Methode der richtigen und falschen Fälle sei zweckmässig so zu wählen, dass $r = 50\,\%$, d. h. dass sie der Unterschiedsschwelle gleich ist.

Lorenz fand in der That, wenn auch die Müller'schen Formeln für unberechtigt, so doch diese Voraussetzung für richtig, indem er bei $D = S$ im Durchschnitte ein $\frac{r'}{n} = 47{,}5\,\%$ erhielt. Es sei gleich bemerkt, dass Lorenz die g streng von den z trennt und nur die letzteren gleichmässig zwischen r und f vertheilt. Sein nicht ganz zutreffend benanntes $\frac{r'}{n}$ ist keineswegs

mit dem Fechner'schen zu identificiren. Es ist aus dem Grunde diese $\frac{r'}{n}$ streng auseinander zu halten, da das Fechner'sche $\frac{r'}{n} = r + \frac{\frac{g+z}{2}}{n}$ von den Gleichheitsfällen mitbestimmt wird, das Lorenz'sche $\frac{r'}{n} = r + \frac{r+\frac{z}{2}}{n}$ ganz unabhängig von denselben ist. Es ist mithin leicht denkbar, dass Lorenz dasselbe $\frac{r'}{n}$ erhalten würde, wenn auch die f und g sich in ihrem gegenseitigen Verhältniss verändert hätten. So ergab beispielsweise eine seiner Reihen[1]): r, f, z, g = 42,50—1,55—12,37—43,58%. Was für $\frac{r'}{n}$ würde Lorenz registriren, falls alle Gleichheitsfälle „falsch" beurtheilt wären? Ganz dasselbe $\frac{r'}{n} = 42{,}50 + \frac{12{,}37}{2}$, trotzdem dass beinahe die Hälfte aller Fälle „falsch" statt „gleich" geschätzt wäre. Man kann zwar erwidern, dass solch' ein Umschwung der f in g undenkbar ist bei einer der Unterschiedsschwelle gleichen Reizdifferenz. Ja, dann muss auch für jedes gegebene Reizverhältniss resp. Reizdifferenz nicht nur ein fest bestimmtes r, sondern auch ein f existiren, was sich aus der Formel für die Müller'sche Schwelle keineswegs ergiebt. Auch scheinen mir die Fechner'schen umfangreichen Gewichtsversuche[2]) dagegen zu sprechen.

Merkel[3]) kommt wiederum auf Grund theoretischer Interpretationen zum Schlusse, dass die Unter-

1) l. c. Tab. XVIII, pag. 467.
2) Revisionen. pag. 363 ff.
3) Das psychophys. Gesetz etc. Phil. Stud. IV, pag. 131.

schiedsschwellen nach der Methode der richtigen und falschen Fälle kleiner gefunden werden, als sie in Wirklichkeit sind. Aus seinen Versuchsreihen, in denen nur r-, f- und z-Fälle registrirt sind, ergiebt sich einerseits eine genaue Uebereinstimmung der Zahl der richtigen (r') und falschen (f') Fälle bei ganz gleich grossen Schallstärken, andererseits bedeutend mehr als 50% (nach dem mittleren h berechnet) bei zwei Reizen, die um die nach der Methode der Minimaländerungen ermittelte Unterschiedsschwelle differiren. Aus der letzteren Thatsache zieht er den Schluss, dass von der Identität beider Schwellen gar keine Rede sein kann.

Leider geht Merkel darauf nicht ein zu erklären, woher es kommt, dass sich bei denjenigen Lorenz'schen Schallversuchen, wo er als Reagirender fungirte, sich ein ganz anderes Resultat als in den von ihm selbst später ausgeführten Versuchen herausstellt. Im ersten Falle ergab Merkel's obere Unterschiedsschwelle ein r = 48%, im zweiten ein r = 92—96%, also etwa das Doppelte. Dass dies nicht durch eine Steigerung der Empfindlichkeit in Folge der Uebung bedingt sein kann, ist selbstverständlich, da dieselbe ebenso bei der Methode der Minimaländerungen, wie bei der der richtigen und falschen Fälle gesteigert sein müsste, kürzer, da die Voraussetzung r = 50% bei D = S allgemeine Gültigkeit hat. Es ist auch unwahrscheinlich, dass der grosse Procentsatz im zweiten Falle von einer falschen Vertheilung der zweifelhaften Urtheile herrühre, da an derjenigen Stelle der Fehlreizscala, wo seine obere Schwelle annähernd fallen würde (65—70 Ctm.) nur sehr wenige z vorhanden sind, so dass denselben keines-

wegs eine so bedeutende Beeinflussung des Endresultates zuzumuthen wäre.

Hat aber Merkel überhaupt keine g zugelassen, so ist sein $\frac{r'}{n}$ durchaus dem Fechner'schen, nicht aber dem von Lorenz angewandten gleich zu setzen. In solchem Falle hätte er gar nicht das Recht daraus den Schluss über die Nichtidentität der Schwellen zu ziehen, denn solch' ein $\frac{r'}{n}$ darf und kann auch keineswegs 50% ausmachen, falls nicht eine Unterschiedsschwelle vom Betrage Null existirt.

Dass die Identität beiderartiger Schwellenwerthe nicht zulässig ist, würde ich, — wie es auch Merkel thut, — aus dem Vergleiche seiner experimentell gefundenen und der nach der Methode der richtigen und falschen Fälle berechneten Unterschiedsschwellen schliessen: die Verhältnissschwellen nach der Methode der eben merklichen Unterschiede schwankten bei ihm zwischen 1,30 und 1,36, die entsprechenden Werthe nach der der r. und f. Fälle zwischen 1,03 und 1,05 (pag. 151).

In der That giebt sich auch bei mir diese Verschiedenheit der Schwellenwerthe deutlich kund. Ich rechnete sie einerseits nach der Fechner'schen $S_F = \frac{t_{''} - t_{'}}{2_{to}} D$ und Müller'schen Formel $S_M = \frac{t_{''} - t_{'}}{t_{''}\, t_{'}} D$ für jede positive und negative Reizdifferenz aus, andererseits aus demselben Materiale nach der Methode der Minimaländerungen. Die erhaltenen Verhältnissschwellen sind unten tabellarisch zusammengestellt.

Tabelle XXXI.

D	100		150	
	V_F	V_M	V_F	V_M
0,05 a	1,0144	1,0098	1,0097	1,0093
0,04 a	1,0115	1,0107	1,0102	1,0099
0,03 a	1,0150	1,0137	1,0125	1,0120
0,02 a	1,0139	1,0128	1,0145	1,0137
0,01 a	1,0176	1,0155	1,0280	1,0260
Mittel $= V^o$	1,0145	1,0125	1,0150	1,0142
— 0,01 a	1,0069	1,0062	1,0066	1,0063
— 0,02 a	1,0082	1,0075	1,0076	1,0072
— 0,03 a	1,0082	1,0077	1,0066	1,0064
— 0,04 a	1,0119	1,0107	1,0068	1,0065
— 0,05 a	1,0099	1,0087	1,0070	1,0068
Mittel $= V^u$	1,0090	1,0082	1,0069	1,0065
$V = \frac{V^o + V^u}{2}$	1,0117	1,0103	1,0109	1,0104

Der Vergleich der einzelnen Werthe zeigt: 1) dass die Müller'schen überall kleiner, als die Fechner'schen ausfallen; 2) dass ebenso die V_F wie V_M nicht mit den der Minimaländerungen identisch sind (auch nicht mit den V aus den Versuchen ohne g der Tabelle XXIV); 3) dass die durchschnittlichen oberen wie unteren V_F und V_M, — wenn auch kleiner als diejenigen der Minimaländerungsmethode, — so doch den letzteren annähernd proportional sind.

IX. Methode der doppelten Reize.

Mehrere Distanzen sind nach der Merkel'schen Methode der doppelten Reize untersucht worden, bei der, — wie ihr Name hindeutet, — einen Reiz von der doppelten Intensität eines gegebenen aufzufinden verlangt wird.

Es sei gleich bemerkt, dass bei der Anwendung dieser Methode mir nicht etwa speciell auf die Prüfung der Gültigkeit des Weber'schen Gesetzes ankam. Es wäre ein viel zu umständliches Verfahren: wir besitzen doch mehrere Methoden, die, im Allgemeinen von ganz verschiedenen theoretischen Gesichtspuncten ausgehend, über die Gesetzmässigkeit in der Empfindungsscala uns genügende Aufschlüsse zu geben im Stande sind. Da die Prüfung des Weber'schen Gesetzes bei der Methode der doppelten Reize, — die in Wirklichkeit keine principiell neue Methode ist, — wieder nur auf die Feststellung der Gleichheit resp. Ungleichheit der mittleren Verhältnissschwellen oder mittleren variablen Verhältnissfehler zurückkommen muss, so wäre der Gebrauch dieser umständlicheren Methode bloss zu solchem Zwecke eigentlich eine unnütze Complication der der eben merklichen Unterschiede resp. der mittleren variablen Fehler. Und wenn man auch einerseits nicht in Abrede stellen wird, dass die Methode der mittleren Abstufungen, wie die theoretisch als Specialfall derselben zu betrachtende Methode der doppelten Reize, zur Entscheidung der wichtigen psychologischen Frage benutzt werden kann: ob den gleichen Empfindungsunterschieden gleiche Reizverhältnisse, oder gleiche absolute Reizunterschiede entsprechen, i. e. über die Richtigkeit der Verhältniss-

oder Unterschiedshypothese, so muss man sich doch andererseits bewusst sein, dass das Nächstwichtige, was sich an dieser Methode discutiren lässt, nicht etwa die Gültigkeit des Weber'schen Gesetzes als vielmehr der Gang des constanten Fehlers ist.

Bei den jetzt zu Sprache kommenden Versuchen wurde auch ausschliesslich das rechte Auge benutzt, dessen Blick in Primärlage auf die Grenze zwischen Normal- und Vergleichsdistanz fiel.

Zur Untersuchung gelangen die Distanzen 10, 20, 40, 80 Mm. Mit grösseren Distanzen war es nicht so leicht zu operiren, da (bei fixirtem Kopfe in der Entfernung von 50 Ctm.) der Schieber vom Experimentator selbst eingestellt werden musste, so dass bei einer Distanz beispielsweise 100 Mm. der doppelte Reiz beim absteigenden Verfahren nur von einem deutlich „überdoppelten" Reize, etwa 250 ausgehen könnte, was schon ziemlich anstrengend für das Versuchsobject wäre.

Für jede der untersuchten Distanzen sind 300 Einzelbestimmungen ausgeführt worden, und zwar — täglich 50 — ganz nach dem Regime der Methode der mittleren Fehler. Die Fehldistanz a' wurde das eine Mal so lange vergrössert, bis man die Ueberzeugung gewann, die Empfindung beträge mindestens das Doppelte der gegebenen. Beim nächstfolgenden Versuche wurde von einem wesentlich stärkeren Reize ausgegangen und dieser so lange verkleinert, bis wieder die doppelte Empfindung so nahe als möglich erreicht war.

Die erhaltenen Resultate sollen in den zwei folgenden Tabellen angeführt werden, deren erste nur die constanten, zweite die variablen Fehler enthält.

Tabelle XXXII.

a	2.10	2.20	2.40	2.80
L. $= a'_r$	19,83	40,20	78,04	156,45
R. $= a'_l$	18,23	38,57	77,12	150,16
↓ $= a'_o$	18,85	38,61	77,40	152,28
↑ $= a'_u$	19,21	40,16	77,75	154,32
a'	19,05	39,40	77,58	153,31
$A = \frac{a'_o}{a'}$	0,991	0,980	0,998	0,993
$B = \frac{a'}{1/2\,a}$	1,903	1,969	1,939	1,916

In den zwei ersten Horizontalreihen sind die Fehldistanzen für beide Raumlagen, in den zwei folgenden diejenigen für die Steigungstypen angeführt (das absteigende ↓ bez. aufsteigende ↑ Verfahren bezeichne ich durch a'_o und a'_u, weil sie etwa den gewöhnlich so bezeichneten Werthen der Methode der eben merklichen Unterschiede entsprechen). Die constanten Fehler sind in den ↓ Reihen fast ausnahmslos negativ: die Empfindung „doppelt" tritt also ein, bevor noch der Reiz objectiv das Doppelte erreicht hat. Es liegt mithin eine Ueberschätzung der grösseren Distanz vor.

Diese Erscheinung, auch bei den Merkel'schen, nach derselben Methode angestellten Lichtsinnversuchen deutlich nachweisbar, beruht wahrscheinlich wie dort, auch hier auf einer Contrastwirkung.

Die Betrachtung der ab- und aufsteigenden Reihen zeigt, dass, beim Ausgange von einem grösseren Reize als der doppelte, kleinere Werthe erhalten werden, als beim Ausgange von einem kleineren, — eine Thatsache,

die ziemlich häufig auf anderen Sinnesgebieten in viel ausgeprägterem Masse hervortritt, hauptsächlich, wo der Contrastwirkung und der zeitlich-räumlichen Incoincidenz der Reizeindrücke ein breiterer Spielraum gewährt ist. „Wiederholte Eindrücke in einer bestimmten Form dem Bewusstsein eingeprägt, stellen sich immer noch in derselben Form demselben dar, wenn letztere in der That sich auch verändert hat." Diese Bewusstseinsträgheit zur Erklärung unserer Versuchsergebnisse angewandt, würde man etwa sagen können: die übermerklich doppelt genommene Vergleichsdistanz scheint uns bei allmählich vor sich gehender Verkleinerung immer noch „überdoppelt", da der Vergleich des Normalreizes nicht mit der objectiv im gegebenen Momente eingestellten Vergleichsdistanz, sondern vielmehr mit dem subjectiven Erinnerungsbilde des träge den Blickpunct des Bewusstseins verlassenden, vorangegangenen Reizes stattfindet. Die Abweichungen auf manchen Sinnesgebieten sind aber viel zu häufig, als dass man diese Annahme als allgemein gültig betrachten könnte.

Ein analoges Verhalten der ab- und aufsteigenden Reihen seiner Lichtsinnversuche erklärt Merkel durch die Einwirkung des Contrastes. Wenn auch zuzugeben ist, dass einerseits die Contrasteinflüsse am stärksten bei der Methode der mittleren Abstufungen und der der doppelten Reize hervortreten, und dass sie andererseits bei Lichtversuchen stärker als bei vielen anderen in Vordergrund treten, so ist doch sich schwer vorzustellen, in welcher Weise der Contrast selbst ohne die Bewusstseinsträgheit diese Differenzen zwischen ↓ und ↑ Typus hervorrufen sollte. Würde der Contrast selbst eine Rolle spielen, so müsste sein Einfluss, falls beide

zu vergleichende Reize objectiv (bei Anwesenheit von const. Fehlern — subjectiv) gleich gross geworden sind, vollständig aufhören, einerlei ob der Vergleichsreiz kurz vorher grösser oder kleiner war als der direct bez. indirect gegebene Normalreiz. Merkel sieht sich auch deshalb gezwungen bei seinen Drucksinnversuchen, die nach derselben Methode ausgeführt sind, ausser dem peripherischen noch einen centralen Contrast anzunehmen, da der erstere die ermittelten Thatsachen nicht genügend zu erklären vermag.

Durch den Einfluss der Raumlage zeigt sich die rechte Vergleichsdistanz a'_r grösser als die linke a'_l (excl. 20). Die stärkere Ueberschätzung der linken Fehldistanz ist ganz analog der geringeren Unterschätzung derselben bei der einfachen Methode der mittleren Fehler. Auch hier, wie dort, ist also ganz derselbe Einfluss des Raumlagenfehlers, der rechts positiv, links negativ wirkt, zu dem aber jedenfalls noch ein zweiter hinzukommt (= Contrastfehler), welcher a' im Verhältniss zu a in umgekehrtem Sinne (negativ) beeinflusst, als es mit dem Zeitfehler der Methode der mittleren Fehler der Fall war. Der Zeitfehler ist hier wahrscheinlich durch den Contrastfehler übercompensirt. Relativ am stärksten ist die Ueberschätzung der mittleren Fehldistanz bei a = 2.10, wie es die B — die Verhältnisse der Fehlreize zu den gegebenen — in der letzten Horizontalreihe (Tab. XXXII) demonstriren; am geringsten ist sie bei 2.20, von welchem Puncte an sie allmählich nach oben zu wächst.

Das Verhältniss (A) der beim aufsteigenden Verfahren erhaltenen Fehldistanz zur mittleren ist überall annähernd gleich gross (vorletzte Horizontalreihe).

Welchen Schluss sind wir aus dieser letzten Thatsache zu ziehen berechtigt? Wären die a'_o und a'_u wirklich mit den gewöhnlich so bezeichneten Werthen der eben merklich sich vom Hauptreize unterscheidenden Fehlreize identisch, so könnte man unbedingt auf die Gültigkeit des Weber'schen Gesetzes aus folgenden theoretischen Erwägungen zurückschliessen. Bei Gültigkeit dieses Gesetzes muss bekanntlich $\frac{a'_o}{a} = \frac{a}{a'_u}$ sein, wo a den Hauptreiz repräsentirt. Statt dieser Gleichung kann: $\frac{a'_o}{a'_u} = \frac{a^2}{a'^2_u}$, mithin $\sqrt{\frac{a'_o}{a'_u}} = \frac{a}{a'_u}$ (I) verlangt werden. In unseren Reihen zeigt sich aber, dass $\frac{a'_o}{a'}$ = const. oder $\frac{a'_o}{\sqrt{a'_o\, a'_u}}$ = const., mithin $\sqrt{\frac{a'_o}{a'_u}}$ = const. (II). Aus den Gleichungen I und II würde sich also ergeben, dass die geforderte und experimentell erhaltene Gleichungen identisch sind, dass $\frac{a}{a'_u}$ = const., d. h. die untere Unterschiedsschwelle constant ist.

Wir haben es aber hier nicht mit eben merklich sich unterscheidenden Vergleichsreizen zu thun, sondern vielmehr mit solchen im Sinne der Methode der mittleren Fehler, also mit mittleren eben unmerklich sich unterscheidenden Grössen. Ich glaube daher nicht, dass man die Constanz dieser Quotienten ohne Weiteres als strictes Kriterium der Gültigkeit des Weber'schen Gesetzes anführen darf, wie es Merkel thut. Gewissermassen hat dieser Schluss ohne Zweifel Berechtigung.

Ein Blick auf die Tabelle der reinen variablen Fehler lässt einen Verlauf der Unterschiedsempfindlich-

Tabelle XXXIII.

a	$\frac{c}{a} \cdot 100.$	$\frac{\Delta}{a'} \cdot 100.$	$\frac{\Delta}{a} \cdot 100.$
2.10	— 4,85	2,67	2,54
2.20	— 1,52	2,27	2,24
2.40	— 3,02	3,35	3,25
2.80	— 4,19	3,14	3,01

keit erkennen analog dem, auf welchen der nicht ganz berechtigte Schluss aus den Quotienten $\frac{a'_o}{a'}$ aufmerksam machte. Es muss nur selbstverständlich der Contrastfehler berücksichtigt werden, nach dessen Elimination die Verhältnissschwellen grösser als 1 ausfallen würden.

Der kleinste relative variable Fehler findet sich bei 2.20, beiderseits von dieser Grösse sinkt er, viel weniger aber nach unten als nach oben zu.

Wenn auch nicht direct vergleichbar, so ist immerhin erwähnenswerth, dass bei der Methode der doppelten Reize sowohl der constante, wie der variable Fehler ihre relativen Minima ungefähr an derselben Stelle (2.20) erreichen, an welcher es bei den früheren Methoden der Fall war (50 Mm.).

X. Methode der Multipla.

Dass das Experimentiren mit einer indirecten Methode, — bei der ein Normalreiz in Wirklichkeit nicht gegeben ist, sondern mittelst verschiedener psychischer Manipulationen combinirt werden muss, — viel

ermüdender ist als das mit einer directen, hatte ich sowohl bei den wenigen nach der Methode der mittleren Abstufungen, wie bei den nach der Methode der doppelten Reize ausgeführten Versuchen, Gelegenheit mich zu überzeugen. Im Allgemeinen würde ich zu sagen geneigt sein, dass mit dem wachsenden Multiplum complicirtere Bedingungen für das Bewusstsein gestellt werden, die ihrerseits vielleicht von der langwierigen Ueberlegung und Entscheidung abhängig sind. Kurz, mit wachsendem Multiplum (n) halten auch die Zeitdauer und Ermüdung beim Einstellen des Fehlreizes gleichen Schritt.

Ich will durchaus nicht behaupten, dass diese auf Grund der gemachten Erfahrung ausgesprochene Meinung a priori selbstverständlich ist. Es wäre ganz gut ein anderes, etwa periodische Schwankungen aufweisendes Verhalten denkbar. Die neuesten Untersuchungen auf dem Gebiete des Zeitsinnes[1]), der Aufmerksamkeit[2]), der Tonintervallen[3]) machen es sogar ziemlich wahrscheinlich, dass bestimmte Multipla in manchen Hinsichten von uns bevorzugt werden.

Wenn auch das Problem des Zeitsinnes bez. der Aufmerksamkeitsschwankungen, wie ihr wahrschein-

1) Estel. Neue Versuche über den Zeitsinn. Philos. Stud. II, pag. 37.

Mehner. Zur Lehre vom Zeitsinn. Philos. Stud. II, pag. 475.

Glass. Kritisches und Experimentelles über den Zeitsinn. Philos. Stud. IV, pag. 423.

2) N. Lange. Beiträge zur Theorie der sinnlichen Aufmerksamkeit und der activen Apperception. Philos. Stud. IV, pag. 404.

Bertels. Versuche über die Ablenkung der Aufmerksamkeit. Dissertat. Dorpat 1889, pag. 49.

3) Wolfe. Untersuchungen über das Tongedächtniss. Philosophische Stud. III, pag. 559 ff.

licher Zusammenhang mit verschiedenen automatisch und taktmässig vor sich gehenden Functionen unseres Organismus (Athmung, Herzschlag) auf total andere ursächliche Momente als das des Raumsinnes hinzudeuten scheinen, so wären doch solche Analogien von vornherein nicht zurückzuweisen.

Fragen wir uns nun, woher kommt es denn überhaupt, dass man grösseren Schwierigkeiten bei der Einstellung einer n-fachen, als bei der einer gleichen Distanz begegnet. Die Antwort liegt sehr nah. Durch alltägliche Erfahrung und Uebung ist uns der Begriff einer Empfindungsgleichheit ziemlich geläufig; nicht so geläufig ist uns aber eine n- resp. $\frac{1}{n}$ fache Empfindung, und zwar muss erst durch Erfahrung die Kenntniss einer n-fachen Empfindung erlangt werden. Lassen wir eine Zeit lang zwei im Verhältniss 1 : n stehende Reize auf uns einwirken, so werden wir vielleicht mit dem entsprechenden Empfindungsverhältnisse oder Empfindungsunterschiede vertraut werden. Ohne irgend welche sehr mühsame Einübung einen n-fachen Reiz bloss durch eine unbewusste, bei Beginn der Versuche bestimmte Vorstellung herzustellen, scheint mir ganz unmöglich zu sein. Die Constanz der einzelnen Schätzungen würde unter solchen Bedingungen voraussichtlich eine minimale Wahrscheinlichkeit haben.

Ich möchte daher die für meine „Multiplaversuche im engeren Sinne" vielleicht nicht ganz passende Benennung etwas ändern, da ich nicht, wie man etwa aus Analogie mit der Methode der mittleren Fehler schliessen könnte, Vergleichsreize einstellte, die mir unmittelbar

n-Mal grösser zu sein schienen, — als vielmehr in der Weise verfuhr, dass ich auf der, vom Versuchsregistrator bedeutend grösseren, als das verlangte Multiplum eingestellten Distanz bloss mit Hülfe von Augenbewegungen die in Acht genommene Normaldistanz n-Mal hintereinander ablegte, ohne aber die nur einmal aufmerksam betrachtete Normaldistanz zu Hülfe zu nehmen. Es würde dieses nicht ganz einwandsfreie Verfahren dem entsprechen, was Ejner in seiner Arbeit über den Zeitsinn (l. c.) als Versuche mit mehrmaligen Zeitreproductionen nannte.

Zwar sind, wie wir sahen, einige ganz bedeutende Unterschiede vorhanden, die allein durch die Verschiedenheit der Probleme des Zeit- und Raumsinnes bedingt werden; eine nicht fundamentale, wenn auch gar nicht zu unterschätzende Verschiedenheit in den Versuchen mit mehrmaliger Reproduction ist die, dass bei der Zeitschätzung, trotzdem die Uhr nach jeder Reproduction nicht arretirt wird, doch mit einer genügenden Präcision diejenigen Momente registrirt werden können, wo die eine oder andere Reproduction zu Ende ist. Bei unseren Augenmassversuchen, wo die Notirung der sehr schnell aufeinander folgenden Einzelreproductionen schwer möglich ist, sind wir in keiner Weise im Stande nach Beendigung eines Versuches etwas über die einzelnen Reproductionen auszusagen: wir haben dann nur das Endresultat, die Summe der Reproductionsreihe, nicht aber die viel wichtigeren einzelnen Summanden, wie es bei den Zeitversuchen der Fall ist.

Das Fehlen der einzelnen Reproductionen hat seine ziemlich grossen Nachtheile: die Schlussfolgerungen aus solchen Resultaten müssen meist hypothetischer

Natur bleiben. Stellen wir uns vor, dass (wie es bei einem der Uebungsversuche der Fall war) bei der Verneunfachung der Distanz 10 die Fehldistanz sich ziemlich genau mit dem verlangten objectiven Multiplum übereinstimmend erwies: 89,4. Welcher Schluss liesse sich aus diesem nackten Resultate ziehen? Die verschiedensten Deutungen würden mit demselben Rechte und Werthe geltend gemacht werden können. Weniger willkürlich gestaltet sich aber die Vermuthung, wenn uns die einzelnen Reproductionen zur Verfügung stehen, etwa: 11,0—10,8—10,4—10,4—10,1—9,8—9,4—9,0—8,5. Aus dieser Reihe würde man zweifelsohne das volle Recht haben den naheliegenden Schluss zu ziehen, dass wir im Allgemeinen geneigt sind die gegebene Distanz zu überschätzen, dass aber gleichzeitig jede vorausgehende Reproduction der ihr folgenden als Normalreiz dienend, subjectiv in ihrer Grösse verkleinert wird und auf diese Weise eine nach und nach sich verkleinernde Fehldistanz hervorgerufen wird; es muss also in solchem Falle auch ein Punct sich finden lassen, wo die in der Natur der einmaligen Reproduction liegende Ueberschätzung der durch die Multiplicität bedingten Unterschätzung das Gleichgewicht hält (bei $n = 5$, $a' = 10{,}1$) und derselben sogar unterliegt.

Bei den Augenmassversuchen werden die einzelnen Multipla für sich experimentell festgestellt werden müssen, und auch dann wird ihr unmittelbarer Vergleich noch durchaus nicht so strict durchzuführen sein, wie es im diesem Beispiele der Fall war, da möglicherweise bei dem Experimentiren mit den verschiedenen Multiplis verschiedene psychische Zustände herrschten.

Die erhaltenen Zahlen für die vier untersuchten Multipla (n = 3, 4, 5, 6) der Distanz 20 Mm. finden sich in der folgenden Tabelle.

Tabelle XXXIV.

a	3.20	4.20	5.20	6.20
L. = a_r'	60,84	74,67	90,90	113,19
R. = a_l'	55,32	69,66	100,26	123,11
a'	58,08	72,17	95,58	118,15
$\frac{a'}{a}$	0,968	0,902	0,956	0,984

Ein Blick auf die Zahlenreihen lässt erkennen, dass nur bei n = 3 das rechtsliegende (a'_r) Multiplum grösser als das linksliegende (a'_l) ist, bei den übrigen ist das Umgekehrte der Fall. In dem Verlaufe der einzelnen Multiplawerthe für rechts und links lässt sich keine strenge Gesetzmässigkeit herausfinden. Die durchschnittliche Fehldistanz (dritte Horizontalreihe) ist überall kleiner als das verlangte Multiplum: es wird mithin jede in der oben geschilderten Weise activ eingestellte Fehldistanz im Durchschnitte überschätzt. Relativ am grössten ist der negative constante Fehler bei n = 4, von welchem Puncte an er beiderseits annähernd gleichmässig sinkt (vierte Horizontalreihe).

Ueber die absoluten und relativen variablen Fehler geben die 3 letzten Verticalcolumnen der nun folgenden Tabelle Auskunft.

Tabelle XXXV

a	$\frac{c}{a} . 100$	Δ	$\frac{\Delta}{a'} . 100$	$\frac{\Delta}{a} . 100$
3.20	— 3,200	2,8519	4,91	4,75
4.20	— 9,787	3,2773	4,54	4,10
5.20	— 4,420	4,5720	4,78	4,57
6.20	— 1,156	4,5600	3,86	3,80

Weder die $\frac{\Delta}{a}$ noch die $\frac{\Delta}{a'}$ zeigen ganz constante Zahlen. Nahezu constant sind sie immerhin.

Ohne etwas Weiteres zu präjudiciren, will ich darauf hinweisen, dass derselbe Theil der Reizscala (50—100Mm.) auch bei der einfachen Methode der mittleren Fehler von nahezu constanter Unterschiedsempfindlichkeit war. Die übrigen Zahlen der Tabelle sind theils schon bei den constanten Fehlern besprochen worden, theils keiner näheren Erklärung bedürftig.

Inhaltsverzeichniss.

		Seite.
I.	Einleitung	7
II.	Methode und Technik der Versuche	10
III.	Methode der mittleren Fehler	15
IV.	Methode der richtigen und falschen Fälle	33
V.	Vergleich beider Fehlermethoden	61
VI.	Methode der eben merklichen Unterschiede	72
VII.	Die constanten Fehler	80
VIII.	Versuche mit Gleichheitsfällen	88
IX.	Methode der doppelten Reize	111
X.	Methode der Multipla	117
	Thesen	125

Thesen.

1) Aus der Mono- und Bilateralität der corticalen Innervation bei verschiedenen Thieren und aus manchen Beobachtungen an Hemiplegikern scheint die Thatsache hervorzugehen, dass bewusste Handlungen durch die corticalen, instinctive durch die subcorticalen Centra ausgelöst werden.

2) Wo man bei der Diagnose auf die Inspection des Gesichtes verzichten kann, sollte den Patienten gestattet sein, bei den klinischen Demonstrationen Masken anzulegen.

3) Dass die theuersten Metallpräparate, wie Gold-, Platin-, Osmium-, Cer-, Thalliumsalze hauptsächlich bei Genitalaffectionen gepriesen werden, wird wohl eher an ihrem Preise, als an ihrer pharmakotherapeutischen Wirkung liegen.

4) Die neuro-musculäre Erregbarkeitssteigerung im letargischen Stadium des grand hypnotisme wird mit Unrecht als ein durch psychische Momente bedingtes Phänomen aufgefasst.

5) Die Abschaffung des weiblichen Dienstpersonals aus den grossstädtischen Conditoreien, Restaurants etc. dürfte zweifelsohne als eine durchaus nicht zu unterschätzende prophylaktische Massregel gegen die Verbreitung der Syphilis betrachtet werden.

6) Die Digitalistinctur sollte in der ärztlichen Praxis häufiger als der Infus verordnet werden.

7) Der Selbstmord ist in Wirklichkeit, so weit er nicht das Ergebniss einer augenblicklichen Verdunkelung des Bewusstseins ist, eine im Thierreiche gar nicht selten zu beobachtende unzweckmässige Vertheidigungsweise des Lebens gegen drohende Gefahren.

8) Nur eine spontane Amnesie an das während des hypnotischen Schlafes Vorgefallene, nicht aber eine suggestive darf neben dem vollkommenen Automatenthum als Kriterium des künstlich hervorgerufenen Somnambulismus dienen.